

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科(一)

032804

矩陣形省水灑水器

學校名稱： 宜蘭縣立復興國民中學

| | |
|---------------------------------|------------------|
| 作者： 國二 游耘亦 國二 劉康叡 | 指導老師： 江俊龍 |
|---------------------------------|------------------|

關鍵詞： 3D 列印、省水、矩陣形

摘要

近年來，隨著日益嚴重的全球暖化以及氣候變遷，使得可用的水資源日益枯竭。有鑑於此，我們致力開發出一種能夠減少水資源浪費的灑水器。本研究利用 3D 模型設計軟體 tinkercad 設計出矩陣形省水灑水器的各個零件，並計算出水壓與孔徑大小以及噴射距離的關係，藉由調整各出水口的孔徑來控制噴水範圍。

實驗結果顯示，且相較於傳統灑水器省水達 25%，且使用 3D 列印技術製作，可根據自身情況調整出水口大小來控制射程，以控制灑水的長寬比，以達減少水資訊浪費、增加水資源有效使用率之目的。

壹、前言

一、研究動機

每次經過學校花園時，都會發現走道上都是水，原因是大部份的花園都是矩形，但傳統花園灑水器灑出來的形狀是幾乎都是圓形的，所以都會有許多水不能灑在有效的利用區域裡面，這樣不僅浪費了許多珍貴的水資源，還讓走道濕滑，徒增危險，因此，我們決定研究出一種能噴灑出矩陣形的灑水器。在討論與收集資料的過程中我們發現，水的噴射距離與水壓、開孔大小有很大的關係；同等水壓時，開孔大小會影響水的噴射距離，因此，我們想利用開孔大小的差異來設計出一個能噴灑出矩陣形的省水灑水器。

二、研究目的

- (一)了解不同孔徑大小與水噴射距離的關係。
- (二)利用實驗數據設計出能噴射出類矩形的灑水器。
- (三)利用 3D 環保材質，製作出不會對環境造成負擔的環保灑水器
- (四)比較傳統型灑水器與省水型灑水器之噴水範圍有何差異
- (五)估算矩形的灑水器比傳統型灑水器相差的省水率

貳、研究設備及器材

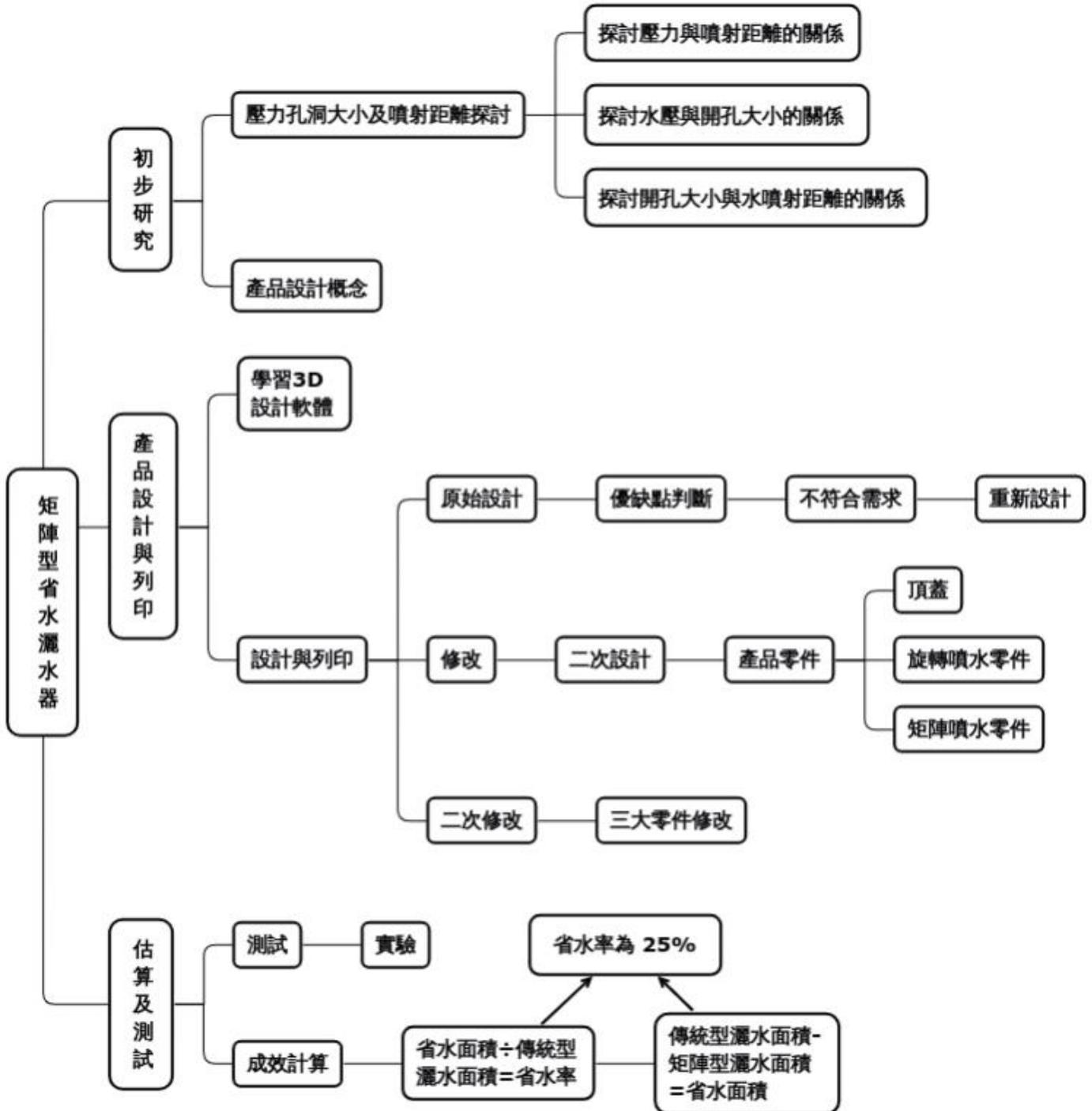
表一、研究設備及器材整理表

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| XYZprinting da Vinci 1.0 Pro3D 列印機 | tinkercad (3D 設計程式) | XYZmaker Suite (3D 列印程式) |
|  |  |  |
| 3D 列印素材 | 水管 | 保特瓶 |
|  |  |  |

參、研究過程與方法

本研究先利用實驗數據，決定噴頭的開孔大小，並採用 3D 繪圖軟體 tinkercad 設計出各個灑水零件，再利用 3D 列印機製作出來，並將零件各部位數據代入公式以估算射程及相較於傳統灑水器之省水率，實際測試後發現與估算結果相符，最後再繪製成圖表。

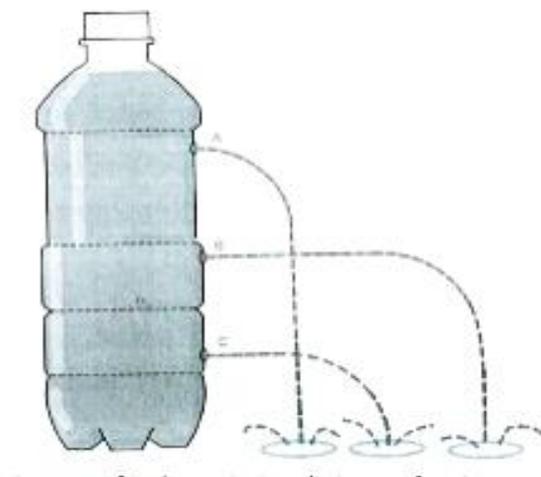
(圖一)研究過程整體架構圖



一、初步研究

(一)探討水壓與開孔大小的關係

探討寶特瓶水柱射程與液面下深度及開孔大小之關聯一文提及「研究結果發現水柱噴射距離並不會因開孔大小的變化而有正比或反比影響」，於研究中發現「面積 0.0165cm^2 開孔時，水柱射程有最遠距離」。



(圖二)參考探討寶特瓶水柱射程與液面下深度及開孔大小之關聯一文

(二)探討壓力與噴射距離的關係

我們從中華民國第四十六屆中小學科學展覽會之壓力與水共舞一文中發現「開孔大小同為 0.02cm 時液體的噴射速度平方與液壓(液柱高) y 成正比關係。在 2.107L 的水之下，距離與壓力的關係是如下 $y=0.11x+0.04$ 」

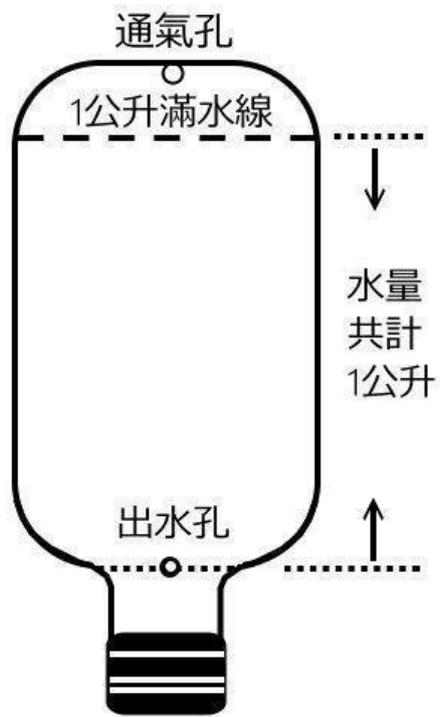
(三)探討開孔大小與水噴射距離的關係

為了研究出開孔大小與水的噴射遠近之關係，我們設計出以下實驗。

我們使用了空瓶子並在上面挖洞做實驗，藉以得知開孔大小會影響水的噴射遠近，計算不同大小的開孔面積，水所噴出的距離即可作為數據並製成圖表。

(表二)水壓與射程關係對照表

| 半徑(mm)→ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
|---------|---------|------|---------|---------|---------|
| 第一次 | 24.5 | 19.3 | 16.7 | 13.2 | 11.1 |
| 第二次 | 24.2 | 19.5 | 16.6 | 13.4 | 10.9 |
| 第三次 | 24.4 | 19.4 | 16.4 | 13.2 | 11.1 |
| 平均 | 約 24.37 | 19.4 | 約 16.57 | 約 13.27 | 約 11.03 |



(圖三)水壓與射程關係實驗示意圖



(圖四)水壓與射程關係實驗數據結果

參考了百度網站介紹噴水水平距離與壓強的關係得知「水壓計算公式；水壓=液體密度×重力加速度×滿水線到出水口的垂直距離液體密度=1000KG/M³」
重力加速度=9.8m/s

滿水線到出水口的垂直距離=18.3cm 開通氣孔是為了避免封閉效應造成水無法順利流出。
參考白努力定律得知在一樣的噴水高度及壓力下，出水口面積越小，射程就越遠(但不可小於0.0165cm²，否則會因為表面張力而造成射程變近)。

(圖五)水壓與射程關係實驗圖



(圖六)水壓與射程關係實驗數據量測圖



二、作品製作

(一)原始設計

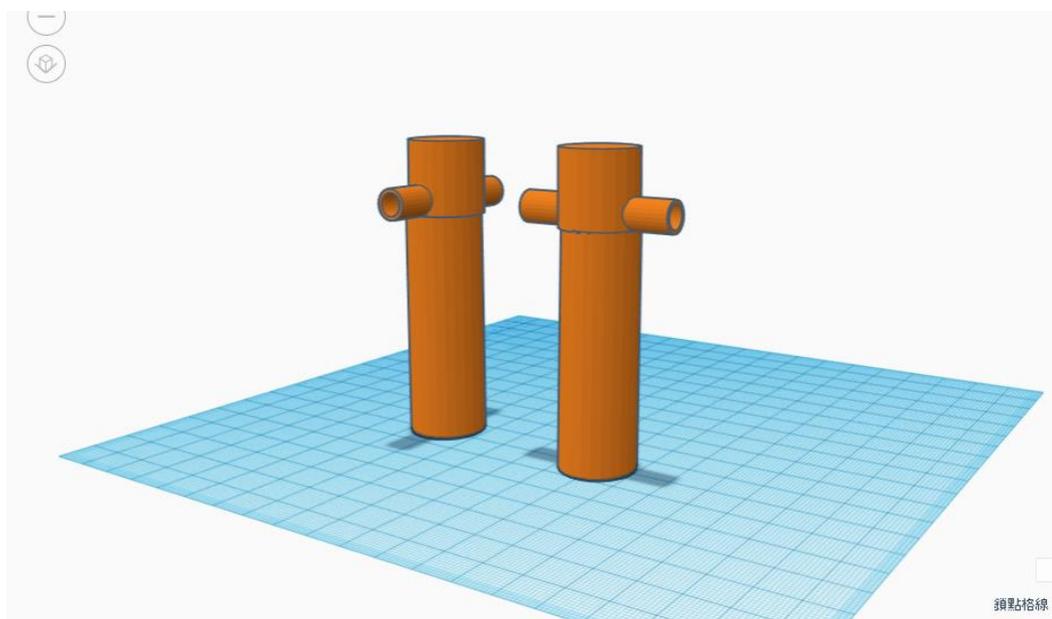
本研究之目的為設計出一個能夠依照矩形噴灑地的形狀的灑水器，初始概念將方向分為上下與左右，故設計出如(圖一)之作品。

優點：1.可以自行調整噴嘴高度藉以增加射程距離。

缺點：1.雖然可調整噴嘴高度來增加射程距離，但喇叭狀開口過大，會因水壓過低造成射程不足的問題。

2.無法調整噴射方向。

故此作品不久後即遭廢棄。



(圖七)原始設計圖

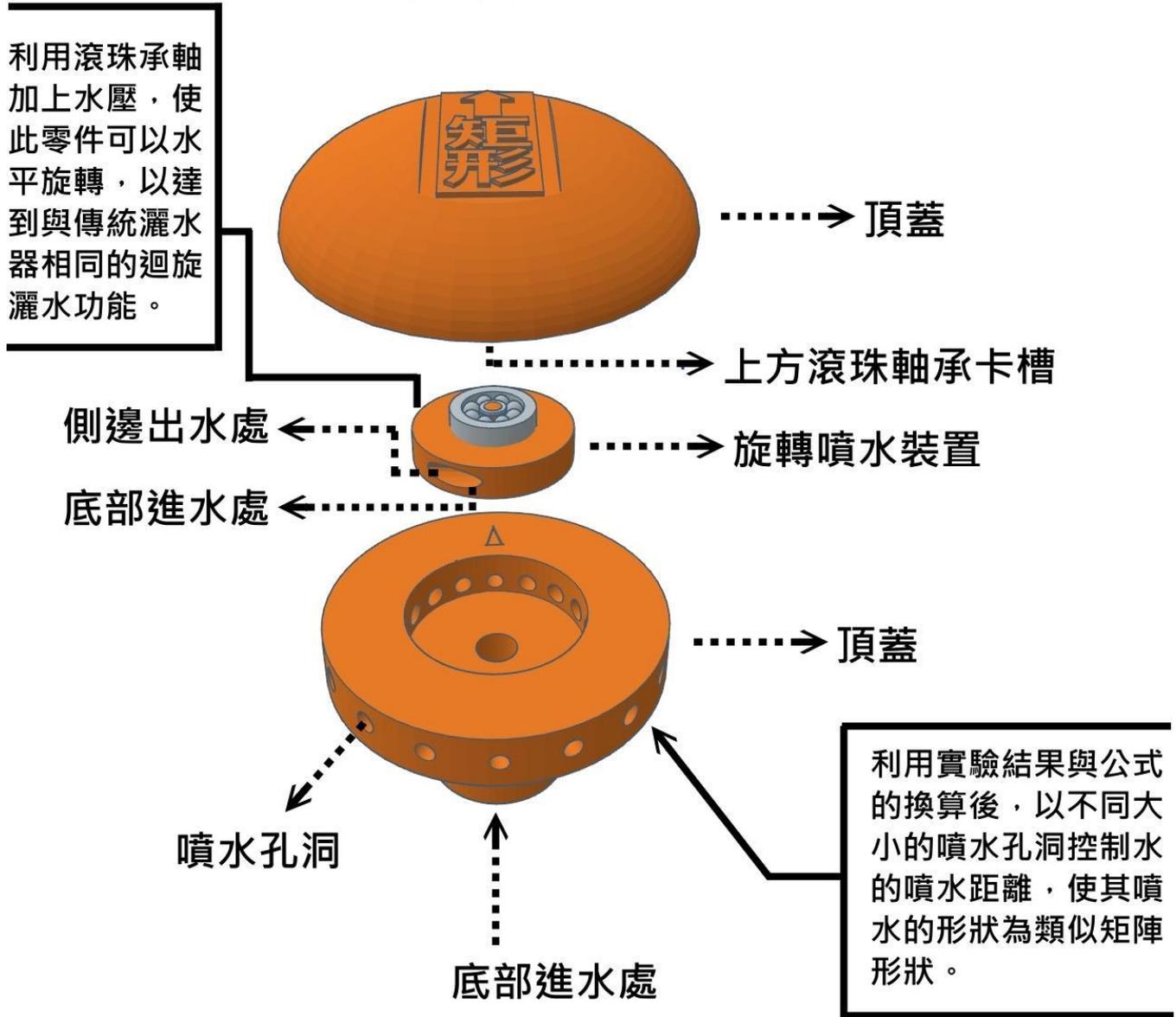
(二)修改

經過重新設計之後，我們設計出了類似於(圖二)的作品，不過剛開始的出水口形狀是扁平的，不過由於衍生出許多問題，如因出水口過小，導致在列印時容易被素材堵塞，且在射程及省水率估算方面遭遇重大困難，最後因研究阻力過大，遂將出水口改成圓筒狀，如(圖七)。

旋轉噴水零件採用底部進水，水流進入管道後，因為螺旋管道與上方滾珠承軸的原因，會自動以旋轉的方式注水進入噴水口，即實現旋轉噴水的狀況。

矩陣形灑水器

零件功能說明圖



(圖八)最終設計圖

(三)列印

列印一開始十分順利，不到兩周便列印出將近一半的零件，但之後，情況開始急轉直下，噴頭因為內部的殘留的素材乾掉、堵塞，導致無法列印，而且沒有專門工具疏通，問題

遲遲未解，列印計畫就這樣停滯了一個多月，後來，我們經過研究印表機原廠文件了解印表機結構發現噴頭是可以拆卸下來清潔的，這才解決了這個難題。

以下修改設計後的各零件完成實體圖：



(圖九)頂蓋



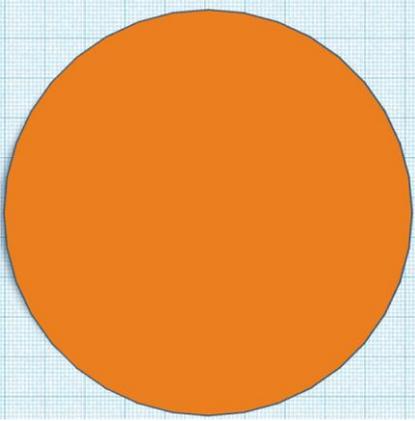
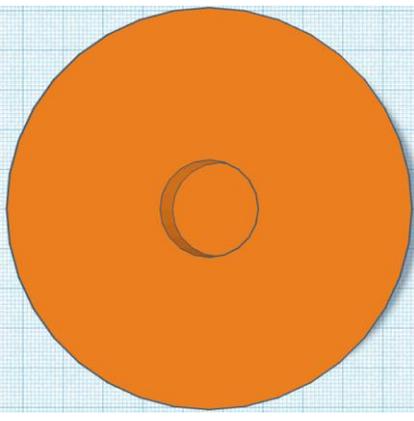
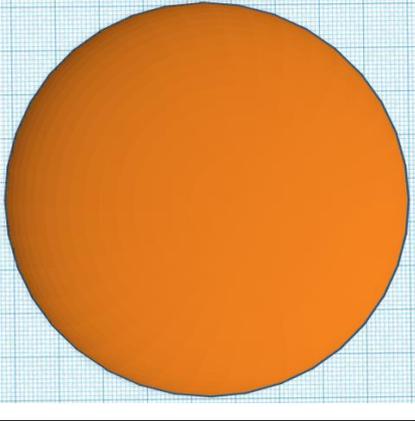
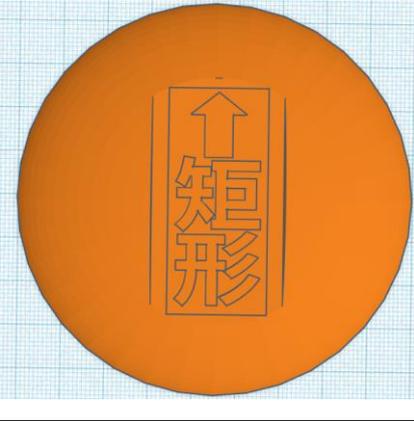
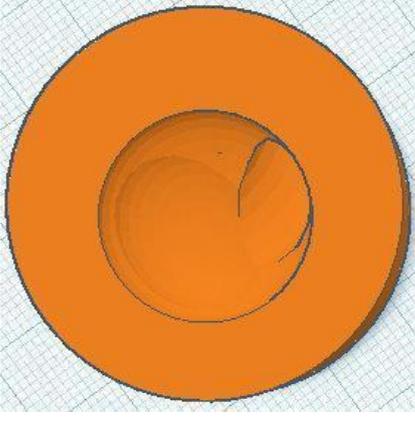
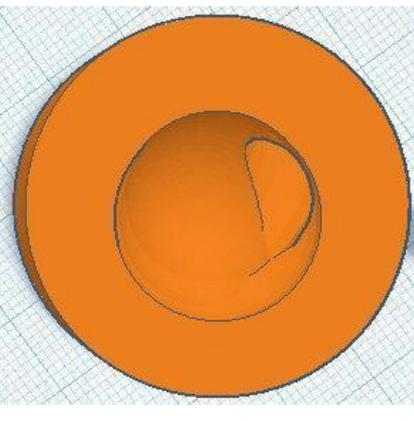
(圖十)旋轉噴水零件

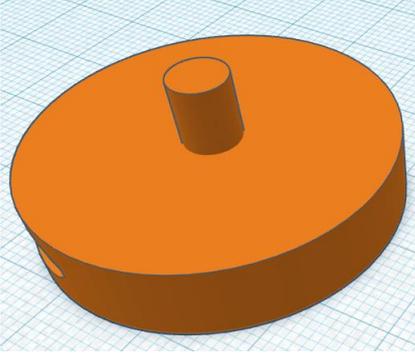
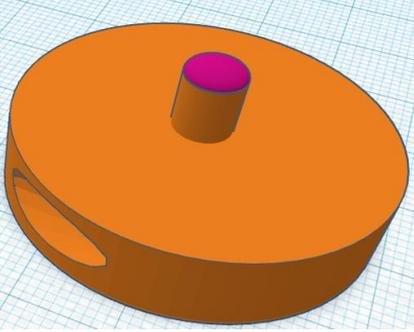
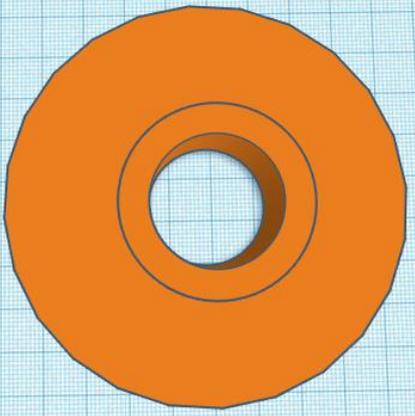
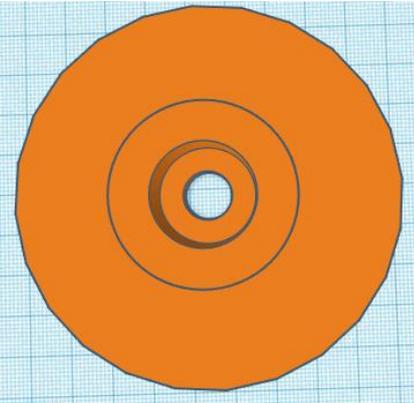
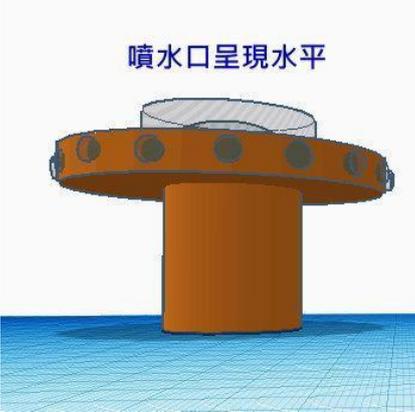
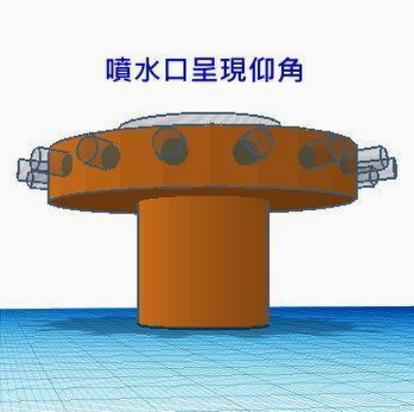
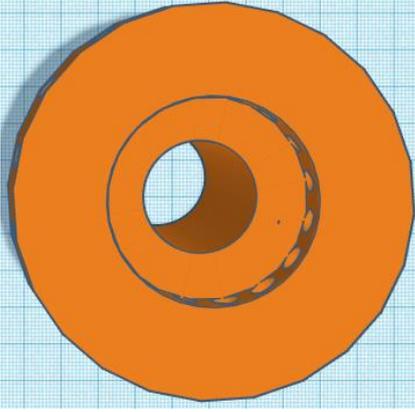
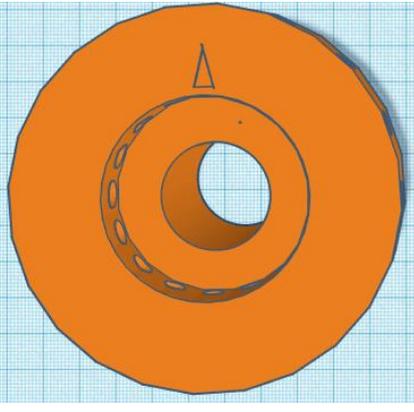


(圖十一)矩陣噴水零件

(四)二次改良

由於時間的緊湊的因素，設計上有許多的缺失有待改進，於是在縣賽結束之後，我們便著手開始修改作品來解決實驗與實際使用時所遭遇到的諸多問題：

| 修改部份 | 原始設計 | 二次改良 | 改良部份說明 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 上蓋 I |  |  | 增加鑲嵌旋轉培林的卡槽 |
| 上蓋 II |  |  | 增加標示以幫主使用者辨認矩形噴灑方向 |
| 旋轉噴水零件 I |  |  | 下方局部修改，增加入水的順暢性 |

| 修改部份 | 原始設計 | 二次改良 | 改良部份說明 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 旋轉噴水零件 II |  |  | 零件上方滾珠軸承卡槽頂端形狀更改為半圓形，使灑水更順利。 |
| 矩陣噴水零件 I |  |  | 修改下部入水口的內徑，使其能夠符合市售黃色水管的外徑，並增設水管卡槽。 |
| 矩陣噴水零件 II | <p data-bbox="391 1167 595 1196">噴水口呈現水平</p>  | <p data-bbox="815 1182 1019 1211">噴水口呈現仰角</p>  | 修改噴水口出水仰角，使其噴水弧度具有拋物線，用以增加噴水射程 |
| 矩陣噴水零件 III |  |  | 標示出水長邊的方向 |

(五)測試及估算

1.公式估算

由於各處的水壓不同，噴射的範圍也沒有一定的標準，因此我們假設傳統型灑水器的灑水距離為 4 公尺，矩陣形灑水器的短邊灑水距離為 3 公尺，因此本實驗設計樣本為 4：3 型矩陣灑水器。另外，我們需比較傳統型與矩陣形灑水器的省水率，公式為：

(1)傳統型灑水面積-矩陣形灑水面積=省水面積

(2)省水面積÷傳統型灑水面積=省水率，

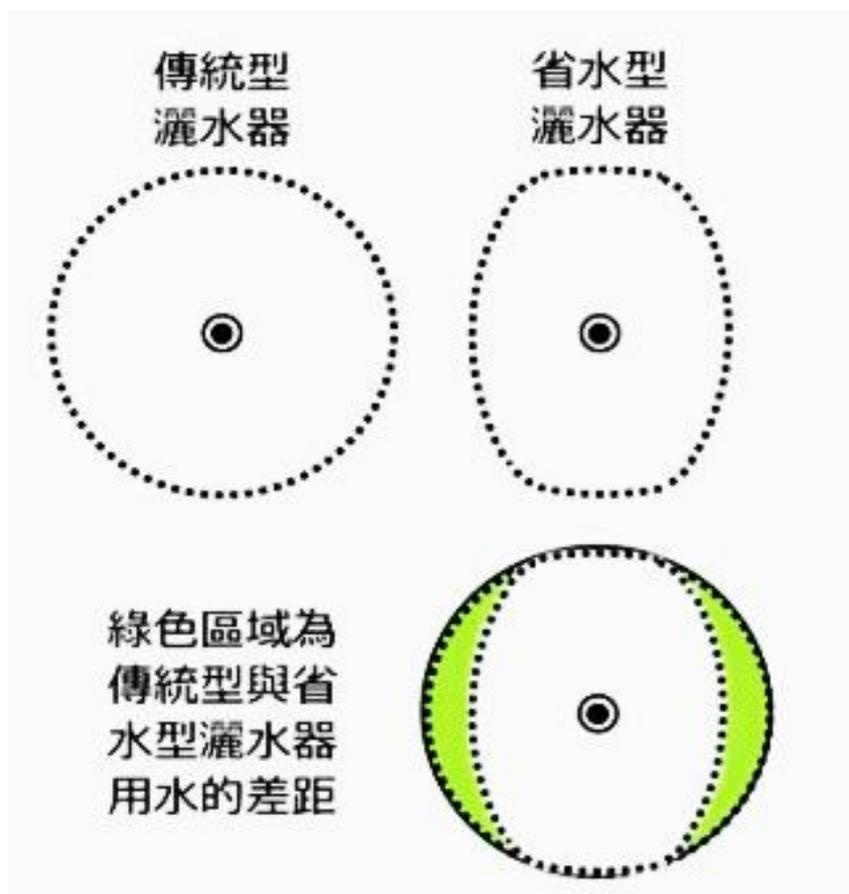
將公式代入後，如下：

$$(1) 16\pi - 12\pi = 4\pi$$

$$(2) 4\pi \div 16\pi = 0.25 = 25\%$$

傳統灑水面積=16π，矩陣灑水面積=12π

傳統型與矩陣形灑水面積差距為 4π，故省水率為 25%。



(圖十二)傳統型與矩陣形灑水器噴灑面積差距



(圖十三)矩陣形省水灑水器省水面積圖

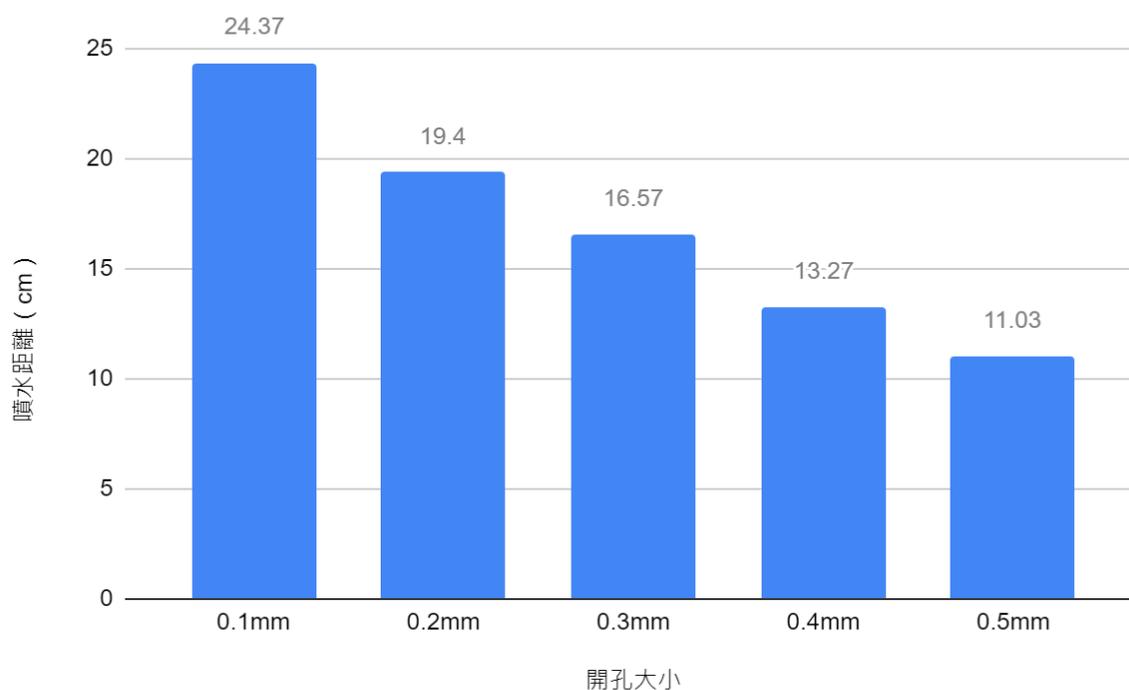
肆、研究結果

一、省水型灑水器可以噴出類似矩形的形狀，且能減少水資源的浪費並增加水資源的利用率。

(表三)傳統型與矩陣形灑水器之各項差異

| 類型 | 面積計算 | 灑水面積 | 節省百分比 |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------|
| 傳統型 | 圓形面積= π (圓周率) \times 半徑 \times 半徑 $\pi \times 4 \times 4 = 16\pi$ | 16 π | 4 π $4\pi \div 16\pi$ =0.25 |
| 矩陣形 | 橢圓形面積 $S = \pi$ (圓周率) $\times a \times b$ (其中 a, b 分別是橢圓的長半徑和短半 徑).或 $S = \pi$ (圓周率) $\times A \times B / 4$ (其中 A, B 分別是橢圓的長軸, 短軸的長) $4 \times 3 \times \pi = 12\pi$ | 12 π | =25% |

二、開孔大小會影響水的噴射遠近，在一定的大小內，開孔大小愈小，水噴得愈遠。



(圖十五)出水口開孔大小與水壓之關係

伍、討論

在研究中，我們發現了各種問題，也逐一尋找解決之道，以下為我們對研究之探討：

一、各處水壓無法控制的問題

實驗結果證實我們可以藉由控制開孔大小來控制射程，且水壓對於射程之遠近有莫大的影響，但各處使用地的水壓，無法控制為不可抗力之因素，因此本研究透過3D 列印技術來控制開孔大小，讓所需之噴灑範圍在不同水壓之下，均能使噴灑範圍呈現類似矩陣形的狀態，期許未來能增加水壓控制裝置，藉由控制水壓，達到控制噴水範圍的目的。

二、須加強產品的精密程度

由於我們使用的3D 列印機的精密程度未達工業等級，然開孔的大小與平滑程度，容易影響噴射的距離，未來本研究需更精細的列印機，才能使實驗零件不會影響到實驗結果，我們也會嘗試做出更精密實驗零件或交由專業的列印公司來列印，藉以提高實驗的精準性。

三、可以加強實驗的精準程度

由於各地水壓不同，因此會影響水噴射的精準程度，實驗器具的開孔大小與平滑程度也會影響射程與長寬比例，因此加強精準度是必要的，未來我們可以透過更精密的測試，再依照不同水壓做出不同開孔大小的灑水器，藉此更加對灑水形狀的控制。

四、增加各種不同開孔大小與噴射距離之實驗

目前本研究所製作出的矩陣形灑水器，其長、寬的比例約為4：3，未來可以根據此研究原理，開發其他長、寬比例的灑水器，以符合更多的需求。

陸、結論

本研究得到以下各項結論：

一、省水程度約達百分之廿五

本研究透過 3D 列印機製作出可依照所需之形狀噴灑的矩陣形省水灑水器，經比較相比於傳統型灑水器能夠提高約 25%的水資源使用率。

二、水壓與開孔大小的關係

本研究成功證明水壓與射程之關聯性，開孔大小會影響水的噴射遠近，在一定的大小內，開孔的孔徑愈小，噴水的距離愈遠，並將結果製成圖表，以供未來的使用者提供有效的參考。

三、透過控制開孔大小控制灑水的範圍

依據實驗結果我們藉由控制開孔大小來控制射程，本研究透過3D 列印技術來控制開孔大小，讓所需之噴灑範圍在不同水壓之下，均能使噴灑範圍呈現類似矩陣形的狀態。

四、3D 列印使設計更多樣化

本研究所有零件均使用 3D 列印製作，且素材均採用 PLA(聚乳酸)，可被自然分解，相較於工廠塑膠製品，擁有環保、製造快速、彈性大與複雜性較高等特點，也因此設計上，更容易發覺設計上的缺失，也較容易改良，3D 列印使設計者更容易隨心所欲。

五、尋求更有效率的零件結構

為了設計出矩陣噴水零件與旋轉噴水零件，我們查詢許多的書籍及網路上各種相同功能零件之設計方式，基於目前學習環境所習得的知識能力與製作環境的關係，以致成品未能達成相當的成熟性，期待日後能尋求更有效率的機械結構，加以改進。

六、達到減少浪費與增加水資源使用率的效果

於實作的過程中發現，本作品能有效的控制灑水的範圍，雖然形狀並不能達到完美的矩形，但大致的形狀已符合起初的設計概念，明顯的看出長短邊不同的噴水距離之間的差

異，即可讓灑水範圍盡可能的落入有效的使用區域，以達到減少浪費與增加水資源使用率的效果。

七、期許成為未來設計的啟發

本研究設計的矩陣形灑水器，為一種設計上的概念，由於在實驗時的種種限制，我們也未能完全肯定實驗成效，但從實驗結果方面來看，此概念的成效是肯定的，查詢過許多介紹灑水器方面的圖書及網路資源，均未發現與本研究相似的概念，因此期待之後有進行相關研究的人，可以以此為參考，加以改良升級，以達到更有效率的省水程度。

柒、參考文獻資料

一、探討寶特瓶水柱射程與液面下深度及開孔大小之關聯(無日期)。取自：

<https://sciexplore2022.colife.org.tw/uploadfiles/TM4c0bab9571/TM4c0bab9571.pdf>

二、南社(無日期)。給水管管徑的計算方法，知乎。取自：

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/110272471>

三、水處理(無日期)。管道直徑、流量、流速、壓力之間的關係，知乎。取

自：<https://zhuanlan.zhihu.com/p/34307502>

四、水壓(無日期)。快懂百科。取自：

https://www.baike.com/wikiid/2917191853696112897?view_id=2wmihgvsqk000

五、022(6-4 壓力)(無日期)。阿賢老師的理化教學網站。取自：

<https://sites.google.com/a/ntjh.ntct.edu.tw/phys-chem/001ke-wen-wei-rong-yao-dian/02guo-er-xia/022-6-4ya-li?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

六、鄭文斌、葉雲瀚、王之洵、龍星佑(民 95)壓力與水共舞，科教館。取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/senior/0401/040116.pdf>

七、百度網友 e9e1cd55d(無日期)。噴水水平距離與壓強的關係，百度知道。取自：<https://zhidao.baidu.com/question/114453576.html?fr=iks&word=%87%8A%CB%A>

[E%CB%AE%C6%BD%BE%E0%EBx%C5c%89%BA%8F%8A%B5%C4%EAP%82S&ie=gbk](https://zhidao.baidu.com/question/114453576.html?fr=iks&word=%87%8A%CB%A%E%CB%AE%C6%BD%BE%E0%EBx%C5c%89%BA%8F%8A%B5%C4%EAP%82S&ie=gbk)

【評語】 032804

本研究考慮傳統花圃形狀，思考將灑水器的幾何結構改成矩陣型更符合花圃形狀的噴頭，以減少水資源浪費，作品由生活觀察出發，呼應實際需求，值得肯定。

對此研究，我們有以下之建議：

- (1) 省水率除了評估噴灑中所「浪費」的面積，也可注意噴灑的均勻度。確保省水的同時，各個部分水分仍平均充足。
- (2) 數據只呈現開孔大小與噴水距離，關於節省 25%，僅用橢圓面積估算，建議改用實際量測面積的相關數據。
- (3) 不同的場地的平面外形不同，建議可以模組化設計，利用簡單的組合即可讓噴灑系統適用於不同外形的場地。
- (4) 3D 列印為堆疊式，堆疊縫隙對水壓的影響亦可探討。
- (5) 噴水距離的實驗室用寶特瓶進行，可考慮改用設計過的灑水器的實際量測值。

作品海報

矩陣形省水灑水器



V.S



壹、摘要

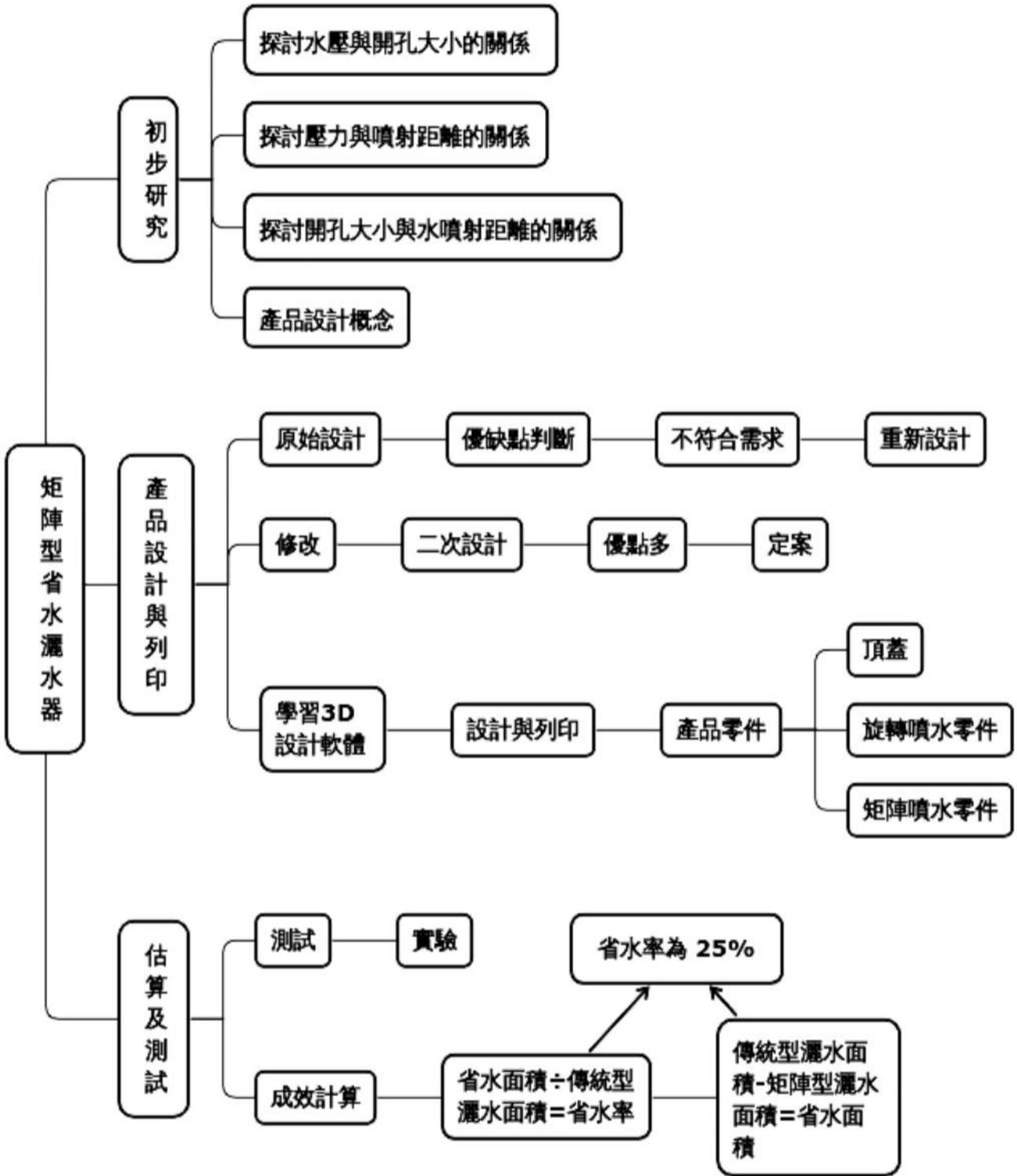
一、研究動機

每次經過學校花園時，都會發現走道上都是水，原因是大部份的花圃是方形的，但花園灑水器灑出來的形狀是圓的，所以都會有許多水灑出來，不但浪費了水資源、還讓走道濕滑，徒增危險，因此，我們決定研究出一種能噴灑出矩陣形的灑水器。在討論與收集資料的過程中我們發現，水的噴射距離與水壓、開孔大小有很大的關係；同等水壓時，開孔大小會影響水的噴射距離，因此，我們想利用開孔大小的差異來設計出一個能噴灑出矩陣形的省水灑水器。

二、研究目的

- (一)不同孔徑大小與水噴射距離的關係
- (二)利用實驗數據設計出能噴射出類矩形的灑水器
- (三)製作出不會對環境造成負擔的環保灑水器
- (四)比較傳統型灑水器與省水型灑水器之噴水範圍
- (五)估算矩形的灑水器比傳統型灑水器相差的省水率

三、研究流程



貳、研究設備及器材

| | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| XYZprinting da Vinci 1.0 Pro 3D 列印機 | Tinkercad (3D 設計程式) | XYZmaker Suite (3D 列印程式) | 3D 列印素材 | 水管 | 保特瓶 |
|  |  |  |  |  |  |

參、研究過程與設計

研究過程

(一) 探討水壓與開孔大小的關係

探討寶特瓶水柱射程與液面下深度及開孔大小之關聯一文提及「研究結果發現水柱噴射距離並不會因開孔大小的變化而有正比或反比影響」，於研究中發現「面積 0.0165cm²開孔時，水柱射程有最遠距離」。

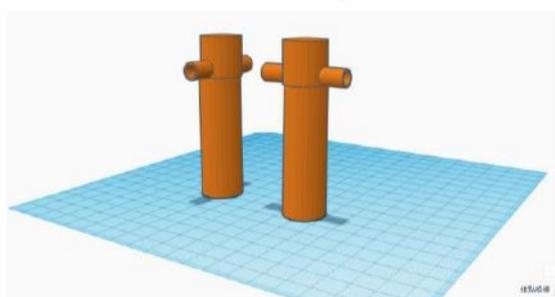
(二) 探討壓力與噴射距離的關係

從中小學科學展覽會之壓力與水共舞一文中發現「開孔大小同為 0.02cm 時液體的噴射速度平方與液壓(液柱高) y 成正比關係。在 2.107L 的水之下，距離與壓力的關係為 $y=0.11x+0.04$ 」

作品設計

本研究之目的為設計出一個能夠依照欲噴灑地的形狀噴灑的灑水器，故設計出如下圖。

原始設計



優點:1.可以自行調整噴嘴高度藉以增加射程距離。

缺點:1.雖然可調整噴嘴高度來增加射程距離，但喇叭狀開口過大，會因水壓過低造成射程不足的問題。

2.無法調整噴射方向。

經過重新設計之後，我們設計出右圖的前代作品，不過剛開始的出水口形狀是扁平的，由於衍生出許多問題，如因出水口過小，導致在列印時容易被素材堵塞，且在射程及省水率估算方面遭遇重大困難，最後因研究阻力過大，遂將出水口改成圓筒狀，利用不同開口大小來控制噴水距離的遠近，增加旋轉噴水裝置，以期達到循環供水的目的。

(四) 列印、估算及測試

使用 3D 列印機面臨須學習如何繪製 3D 圖與使用列印機的問題，經過學習與克服才設計出作品，因此本實驗設計樣本為 4:3 型矩陣灑水器，在此假設傳統型灑水器的灑水距離為 4 公尺，矩陣型灑水器的短邊灑水距離為 3 公尺。

我們需比較傳統型與矩陣型灑水器的省水率，計算結果為：

傳統型灑水面積-矩陣型灑水面積=省水面積

省水面積÷傳統型灑水面積=省水率

將公式代入後，如下：

(1) 傳統灑水面積=16π (2) 矩陣灑水面積=12π

(3) 16π-12π=4π (4) 4π÷16π=0.25=25%

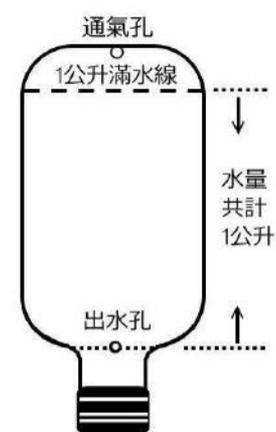
傳統型與矩陣型灑水面積差距為 4π

省水率為 25%。

(三) 探討開孔大小與水噴射距離的關係

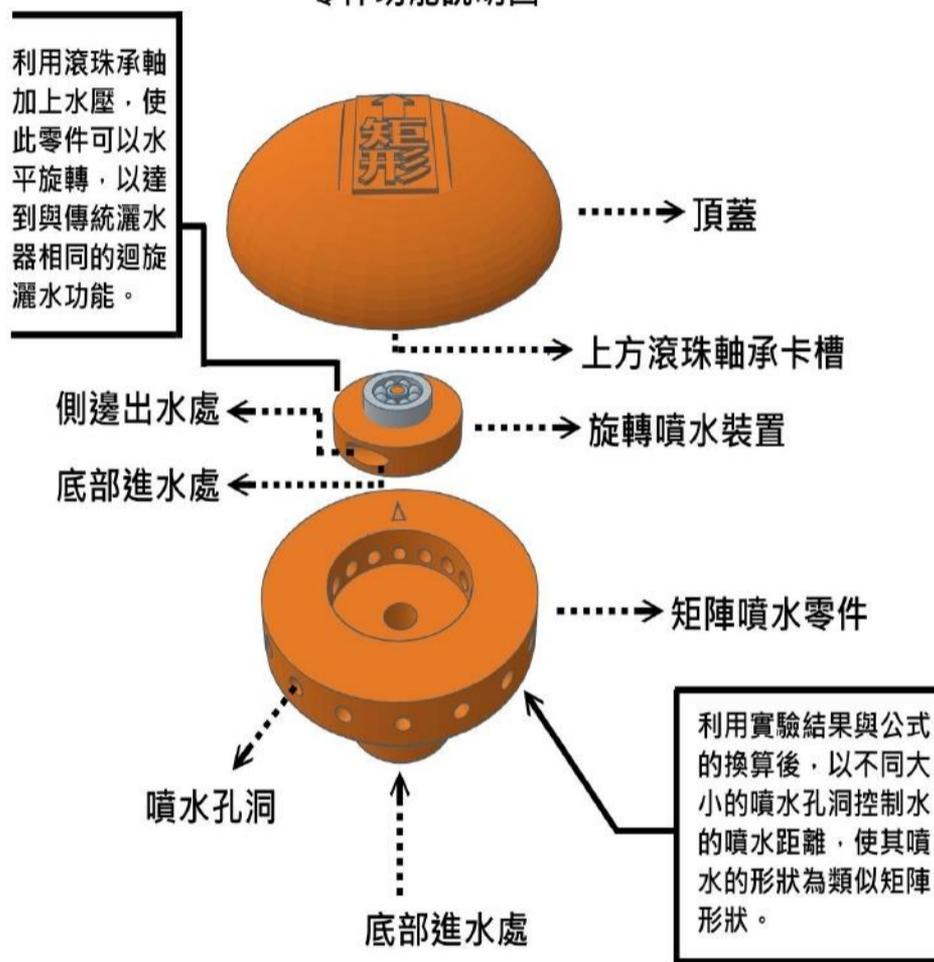
| 半徑 (mm) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
|---------|-------|------|-------|-------|-------|
| 第一次 | 24.5 | 19.3 | 16.7 | 13.2 | 11.1 |
| 第二次 | 24.2 | 19.5 | 16.6 | 13.4 | 10.9 |
| 第三次 | 24.4 | 19.4 | 16.4 | 13.2 | 11.1 |
| 平均(約) | 24.37 | 19.4 | 16.57 | 13.27 | 11.03 |

水壓與射程關係對照表



矩陣形灑水器

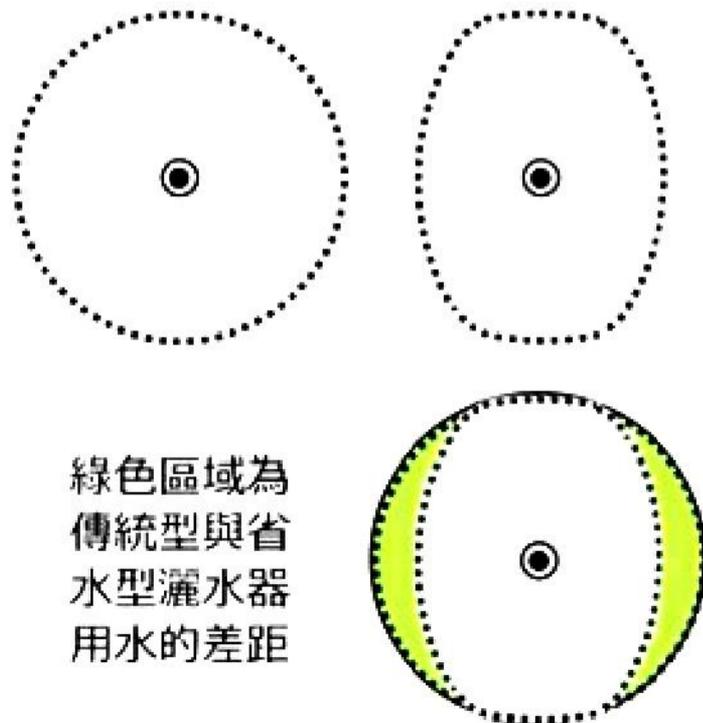
零件功能說明圖



傳統型與矩陣型灑水器噴灑面積差距

傳統型灑水器

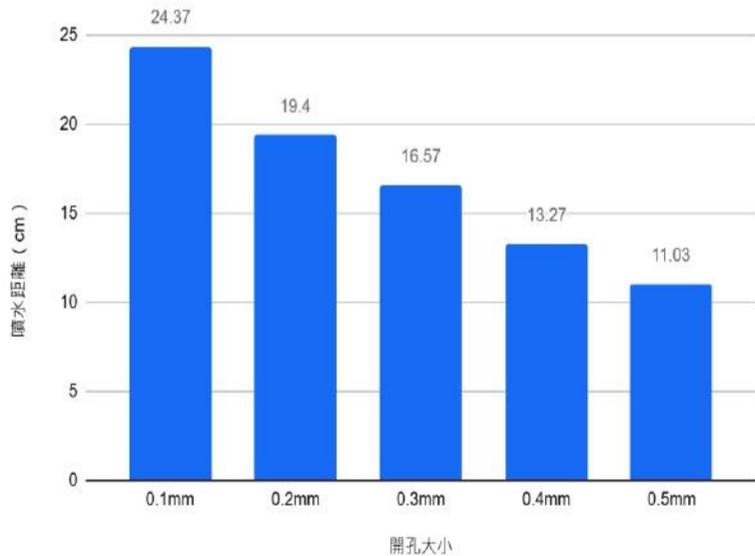
省水型灑水器



| 名稱 | 改良部份說明 | | | 名稱 | 改良部份說明 | | | | |
|--------|--------|------------------------------------|------|----|--------|------|--------------------------------|------|--|
| 頂蓋 | 原始設計 | | 二次改良 | | 矩陣噴水零件 | 原始設計 | | 二次改良 | |
| | 說明 | 加標示以幫助使用者辨認矩形噴灑方向 | | | | 說明 | 標示出矩形長邊方向 | | |
| 頂蓋 | 原始設計 | | 二次改良 | | 矩陣噴水零件 | 原始設計 | | 二次改良 | |
| | 說明 | 增加鑲嵌旋轉培林的卡槽 | | | | 說明 | 修改噴水口出水仰角，使其噴水弧度具有拋物線，用以增加噴水射程 | | |
| 矩陣噴水零件 | 原始設計 | | 二次改良 | | 旋轉噴水零件 | 原始設計 | | 二次改良 | |
| | 說明 | 修改下部入水口內徑，使其能夠符合市售黃色水管的外徑，並增設水管卡槽。 | | | | 說明 | 零件上方滾珠軸承卡槽頂端形狀更改為半圓形，使灑水更順利。 | | |
| 旋轉噴水零件 | 原始設計 | | 二次改良 | | | | | | |
| | 說明 | 下方局部修改，增加入水的順暢性 | | | | | | | |

肆、研究結果

一、開孔大小會影響水的噴射遠近，在一定的大小內，開孔大小愈小，水噴得愈遠。



出水口開孔大小與水壓之關係

二、省水型灑水器可以噴出類似矩形的形狀，且能有效節省水資源的浪費。

| 類型 | 傳統型 | 矩陣型 |
|------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 面積計算 | 圓形面積 = π (圓周率) × 半徑 × 半徑 π × 4 × 4 = 16π | 橢圓形面積 S = π (圓周率) × a × b (其中 a, b 分別是橢圓的長半徑和短半徑) 或 S = π (圓周率) × A × B / 4 (其中 A, B 分別是橢圓的長軸，短軸的長) 4 × 3 × π = 12π |
| 灑水面積 | 16π | 12π |
| 節省 | 16π - 12π = 4π 4π ÷ 16π = 0.25 = 25% | |

伍、討論

在研究中，我們發現了各種問題，也逐一尋找解決之道，以下為我們對研究之探討：

- 一、須解決水壓無法控制的問題，以利控制灑水範圍。
- 二、加強產品的精密程度，確保灑水的效率性。
- 三、可以加強實驗的準確程度，進而更精準的控制灑水區域與長寬比例。
- 四、增加各種不同開孔大小與噴射距離之實驗，增加不同比例灑水範圍的作品。

陸、結論

本研究得到以下各項結論：

- 一、矩陣形相較傳統型灑水器，有效利用水資源程度約達百分之廿五。
- 二、在一定大小範圍內，噴水距離與水壓、開孔大小有絕對的正相關。
- 三、本作品能透過控制開孔大小控制灑水的範圍。
- 四、利用 3D 列印使設計更多樣化與精緻性。
- 五、本作品須尋求更有效率的零件結構。
- 六、作品能達到減少浪費與增加水資源使用率的效果。

柒、未來展望

本研究設計的矩陣形灑水器，為一種設計上的概念，由於在實驗時的種種限制，我們也未能完全肯定實驗成效，但從實驗結果方面來看，此概念的成效是肯定的，查詢過許多介紹灑水器方面的圖書及網路資源，均未發現與本研究相似的概念，因此期待之後有進行相關研究的人，可以以此為參考，加以改良升級，以達到更有效率的省水程度。

我們也期許，本研究成為未來設計相同設計概念作品的啟發，希望能為減少水資源浪費，增加水資源利用率盡一份心力。