

全自動噴霧器用幫浦之新設計

A New Pump Design For Hand Sprayer

臺大農工系講師

梁 桐

臺大農工系技士

陳 貽 倫

一、簡 介

雖然噴霧器已進入動力化階段，但在小農制度之東南亞國家，農家土地狹小，收入有限，且年噴藥時間不長之情形下，小型之人力噴霧器必將繼續存在。目前流行之小型人力噴霧器共有兩種，全自動化者一次充氣後即可噴完藥液，使用中無需打氣，此為全自動噴霧器之一決定性優點。但其充氣時間過長，約需噴藥時間之 33.4%，換言之，農人每工作 10 小時，則需 3.34 小時之時間用以充氣，將每具噴霧器所能負擔之面積大量減少，增加使用成本。除此種缺點外，充氣所需之最大推力也過高，目前最小之 3.6 公分直徑之幫浦，最大推力需 240 磅左右，農人必須仰仗身體之慣量，方能打到所需之壓力。而目前之噴霧器均無壓力錶，則農民使用此種噴霧器時，壓力必然低於規定，藥液無形中大量損失，甚為可惜。如能將打氣速度加快，最大充氣推力降低，則全自動噴霧器必將半自動噴霧器淘汰，成為僅有之一種人力噴霧器。

二、設計公式之推演

對一斷面不變之打氣幫浦言，打氣所需之推力為幫浦斷面面積與氣壓之乘積（不包括摩擦力）。推力大小與活塞距開始打氣位置之距離成正比，換言之做用於活塞上之氣壓，當活塞向下移動時漸漸升高，唯昇至壓力與藥液箱之空氣室壓力相等時即不再昇。打氣之推力在開始時極低，僅在活塞靠近衝程末端時才提高，所以如吾人能設計一幫浦，其壓氣斷面隨活塞向下移動時漸漸自動縮小，則幫浦每衝程之排氣量可大增，同時充氣所需之最大推力也可縮小。做一傾斜之幫浦外套（Cylinder）並不困難，但做一自動變化斷面之活塞却非一易事，即使吾人能完成此種設計，其製造費也必可觀。另一途徑即製造一幫浦具有數個斷面，大小順序則由上而下，其性能必較一具有傾斜外套之幫浦略差，但如斷面之數量無限增加，其性能也必定接近。由此觀之，一具有二斷面之幫浦必定優於一僅有一斷面者，因為製造多種斷面活塞之困難，所以本設計限於二斷面。吾人希望尋求一公式，可求

算（在固定之衝程及最大推力下）產生最大排氣量幫浦之各部尺寸。

符號說明：

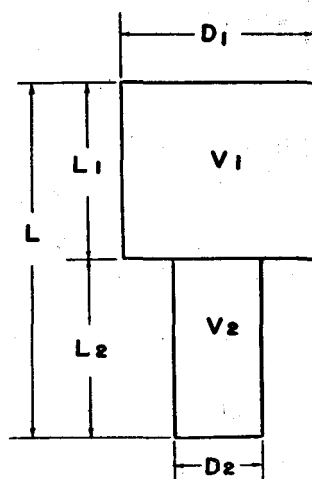


圖 1：幫浦套尺寸代號

D_1 = 大斷面直徑

D_2 = 小斷面直徑

V_1 = 大斷面部份幫浦之排氣量

V_2 = 小斷面部份幫浦之排氣量

V = 幫浦總排氣量

L = 最大衝程

L_1 = 大斷面部份之衝程

L_2 = 小斷面部份之衝程

P_1 = 在 L_1 處做用於大活塞之空氣壓力

P_2 = 在 L_2 處做用於小活塞之空氣壓力

F = 最大打氣推力

P = 最大空氣室壓力

公式之推算：

① 求 D_2

$$\therefore F = \frac{\pi D_2^2}{4} \times P$$

$$\therefore D_2 = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}}$$

② 求 D_1

利用理想氣體定律並假設空氣溫度不變

$$P_1 V_2 = 14.7(V_1 + V_2)$$

$$\therefore P_1 = \frac{14.7(V_1 + V_2)}{V_2} \text{ Psia 或 } \frac{14.7V_1}{V_2} \text{ Psig}$$

$$\therefore P_1 \times \frac{\pi D_1^2}{4} = F$$

$$V_1 = \frac{\pi D_1^2 L_1}{4}, \quad V_2 = \frac{\pi D_2^2 L_2}{4}$$

$$\therefore \left(\frac{14.7 \times \frac{\pi D_1^2 L_1}{4}}{\frac{\pi D_2^2 L_2}{4}} \right) \frac{\pi D_1^2}{4} = F$$

代入 $D_2 = \sqrt{\frac{4F}{\pi D}}$ 及 $L_2 = L - L_1$

則

$$D_1^2 = \left\{ \frac{F^2(L - L_1)}{14.7\pi^2 P L_1} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

③ 推算設計公式

$$V = V_1 + V_2 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 L_1 + D_2^2 L_2)$$

$$= \left\{ \frac{F^2 L_1 (L - L_1)}{4^2 \times 14.7 P} \right\}^{\frac{1}{2}} + \frac{F}{P} (L - L_1)$$

令 $\frac{dV}{dL_1} = 0$, 求取 L_1 之值使 V 值最大。

$$\frac{dV}{dL_1} = (4P + 4^2 \times 14.7) L_1^2 - (4L + 4^2 \times$$

$$14.7L) L_1 + PL^2 = 0$$

$$\text{則 } L_1 = \frac{(4L + 4^2 \times 14.7L) \pm \sqrt{(4L + 4^2 \times 14.7L)^2}}{2(4P +$$

$$\frac{-4PL^2(4P + 4^2 \times 14.7)}{4^2 \times 14.7})$$

當 L_1 求得後, D_1 、 L_2 等即可算出, 本設計以 $L = 50$ 公分而最大推力 $F = 50$ 公斤為設計規格, 所求得之幫浦尺寸如下:

$$D_1 = 5.85 \text{ 公分}$$

$$D_2 = 3 \text{ 公分}$$

$$L_1 = 16.1 \text{ 公分}$$

$$L_2 = 33.9 \text{ 公分}$$

製造之實物, 請參看圖(2)

三、實驗儀器裝置及結果

使用一變歪計製成之推力感應器(Strain Gauge Load Cell)測取打氣所需之推力, 美國杉邦公司製放大器及計錄器(Sanborn preamplifier and Oscillo Graph) 用來放大及計錄推力。一直徑約10英吋之壓

力計(Bourbon Tube Type Pressure Gauge)用來測取藥液箱空氣室之壓力。

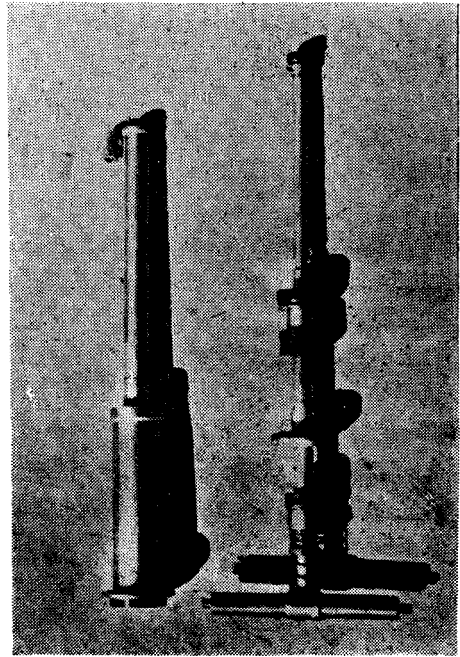


圖2：新設計之幫浦

實驗裝置請參看圖(3)

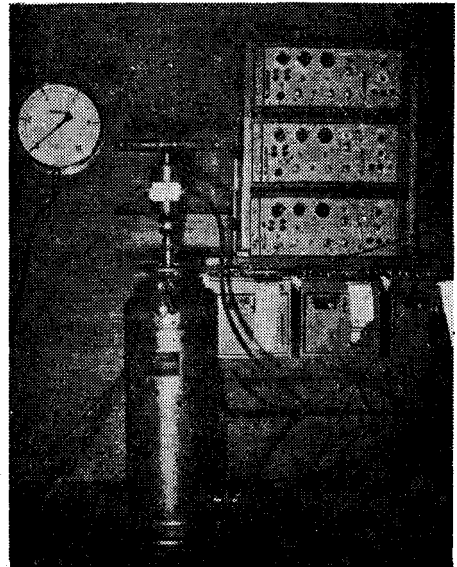


圖3：儀器及實驗裝置

實驗結果請參看圖4、5及6。

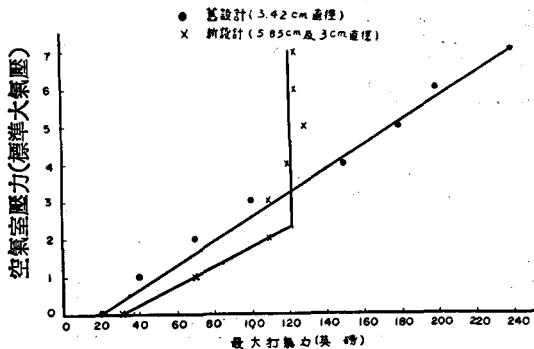


圖4：空氣室壓力與最大打氣力之關係。

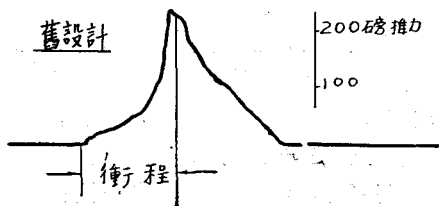
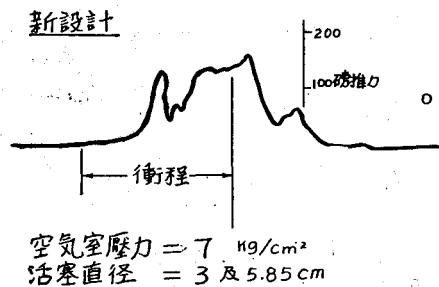


圖5：新舊幫浦衝程推力變化之比較

	空氣室容積	藥液容量	打氣衝程數	打氣時間	噴藥時間	打氣時間 / 噴藥時間
舊設計	5.76公升	11,255公升	129次	3分45秒	11分15秒	38.7%
新設計	5.76公升	10,949公升	83次	2分30秒	10分14秒	24.4%

圖6：新舊設計打氣速度性能比較表

四、結 論

依據實驗之結果，可獲得結論如下：

- (1)新設計之最大推力，較目前市面流行之設計，約低50公斤。
- (2)排氣量由460c.c. (舊設計) 增為671c.c.。
- (3)打氣時間由3分45秒降為2分30秒，約為1:1.5，如舊設計工作15小時，則新設計僅需10小時，噴

霧器使用新幫浦設計，則每年能噴之面積也必成比例增加。

- (4)決定打氣時間實驗時，因打氣次數有限，對打氣者之體力消耗不大。但較大之推力，於長期田間使用時，必定影響充氣之時間。換言之打氣所需推力之大小對打氣時間之影響，本實驗結束不能分析。唯依常理判斷，較大之推力需要，消耗體力較巨，打氣之速度必定更為降低。

徵 稿 簡 則

1. 本刊歡迎有關農業工程之論著，譯述，專題研究，學術講座，資料統計等稿件，如屬譯稿，請附寄原文，或註明原作者姓名、書刊名稱及出版時間地點。
2. 來稿請用稿紙繕寫清楚，註明標點，並請附英文標題及英文摘要，以便與國外學術刊物交換。文內如有插圖，請用透明紙繪製並加墨，以便製版。來稿文責作者自負。
3. 本刊對來稿有增刪權，其不願刪改者，請預先註明。
4. 具有學術性之文稿，經刊載後，致送該文抽印本五十本，不另致稿酬，但可參與該年度論文獎之競選。不用之稿件，當即退還。
5. 稿末請作者註明真實姓名，簡歷及通訊處，如用筆名發表，亦請註明。
6. 來稿請寄：臺北市羅斯福路臺灣大學農業工程學系內農業工程師學會學術組編輯部收。