

坡地果園油壓作業機之研究

臺東區農業改良場研究助理

林 永 順

摘 要

- (一)坡地果園油壓作業機本機設計以油靜驅動，前進或後退均無段變速(0~3KM/h)，以撥動加油柄方式來增減速度，操作方便。
- (二)前後車輪均有手剎車，油壓迴路中立即總剎車，安全性好。
- (三)掘孔作業附件可輕易的裝配在本機上，掘孔部可前後調整角度。掘孔螺旋器以油壓馬達傳動，高扭矩，可正，反向轉動，在掘孔作業中，遇到石礫可瞬間反轉，避免掘穴螺旋器被卡住的情形，提高工作效率，在砂質壤土鑽直徑20公分，深54公分之孔，最快速度為40秒。

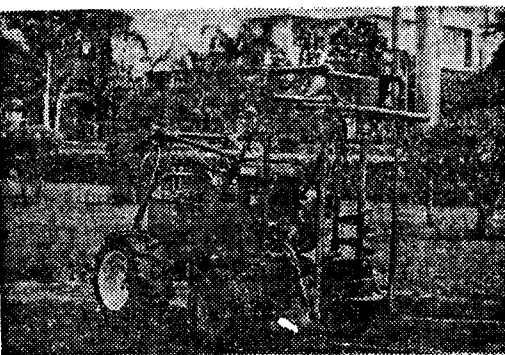
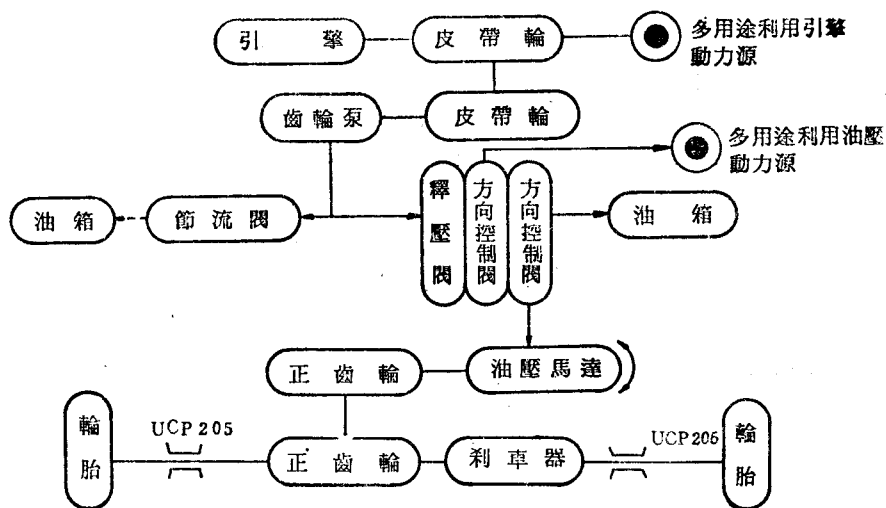
一、前 言

機械在坡地上作業，受到坡度的影響，隨坡度的增加，操作亦增困難，安全性降低，本計畫之試驗目的，乃在研製適用坡地之油靜驅動作業機，本機結構上設計用油靜驅動，以簡化傳動機構，操作方式及改進階段變速方式成無段變速，增加作業速度的選擇範圍，提高在不平坦地形、坡面作業的適應性及工作效率，並利用本機上的動力結構研製附件，做多用途的利用，發展成坡地果園上多用途之作業機，以從事果樹栽培管理的掘孔（種植及深層施肥、支柱豎立）割草、中耕施肥、噴藥等作業，促進果園管理作業之機械化。

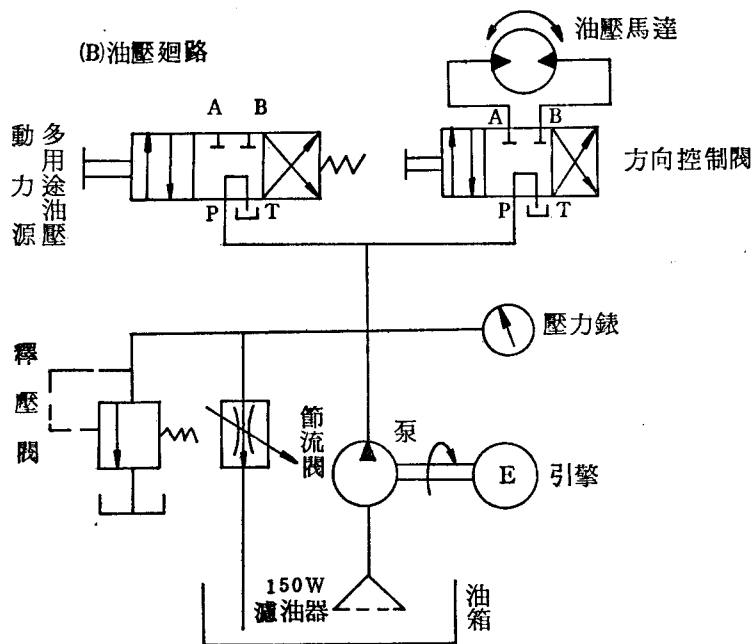
二、有關研究說明

- (一)坡地果園油壓作業機設計成小型四輪方式，期在二十度範圍內的坡地上能平穩，輕鬆的行走操作，從事各項作業，前輪轉向。
- (二)前、後輪設計有剎車系統，下坡時亦能平穩的控

(A)動力傳動系統：



坡地果園油壓作業機



三、理論應用與分析

四靜液驅動的型式在油泵與油壓馬達之結合有下列四種情形：

- (1)固定排量油泵驅動固定排量油壓馬達。
- (2)可變排量油泵驅動固定排量油壓馬達。
- (3)固定排量油泵驅動可變排量油壓馬達。
- (4)可變排量油泵驅動可變排量油壓馬達。

本試驗利用(1)的型式設計油壓迴路，有關油泵及油壓馬達的性能計算如下：

引擎最大標示馬力是 7 HP，常用馬力是在 1800 R.P.M. 時 5.2 HP。實測其轉速值最高可至 1900 R.P.M.，但以 1850 R.P.M. 下速度運轉，性能較穩定。為求引擎能在穩定的狀態下運轉，計算馬力以常用馬力 5.2 HP 為準則在引擎 1800 R.P.M. 時，油泵轉數 = $1800 \times \frac{3}{3.5} = 1542$ R. P. M. 使用壓力 70 Kg/cm^2 時，

$$\begin{aligned} \text{油泵之實際油排量} &= Q_0 \times Nv \\ &= 1542 \times 10.9 \times 97\% \\ &= 16.31/\text{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_0 &= \text{無負荷時的排量} \\ Nv &= \text{容積效率} \\ \text{泵每轉排量 } &10.9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{油壓馬達實際轉數 } N &= \frac{1000 \times Q}{q} \times nv \\ &= \frac{1000 \times 16.3}{162} \times 88\% \\ &= 88.5 \text{ R.P.M.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &: \text{泵流量 l/min} \\ q &: \text{油馬達排量 cm}^3/\text{rev} \\ N &: \text{油馬達轉數 R.P.M.} \\ nv &: \text{容積效率} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{油壓馬達實際扭矩值 } T &= \frac{q \times p}{628} \times Nm \\ &= \frac{162 \times 70}{628} \times 85\% \\ &= 15.3 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &: \text{實際扭矩 (Kg-m)} \\ p &: \text{實際壓力 (Kg/cm}^2) \\ q &: \text{排量 (cm}^3/\text{rev)} \\ Nm &: \text{扭矩效率} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{在 } 70 \text{ Kg/cm}^2 \text{ 時，油壓馬達之實際馬力 } L &= \frac{2\pi NT}{450 \times 10^3} \\ &= \frac{2\pi \times 88.5 \times 1530}{450 \times 10^3} \\ &= 1.9 \text{ HP} \end{aligned}$$

N:轉數 (R. P. M.)

T:扭矩值 (Kg-cm)

說明：坡地果園油壓作業機在爬 23. 度坡面時，油流壓力須在 70Kg/cm²，本機擬在 20 度以下坡面用，故設計油壓力在 70Kg/cm² 狀況下計算。

(B)傳動系統：

傳動齒輪之計算：(1)小齒輪

齒輪材料 SCM3，許可彎曲應力為 30Kg/mm²，油壓馬達在 70Kg/cm² 下轉數為 88.5 R. P. M. 令小齒輪節圓直徑為 D=60mm

$$\text{則節圓速度 } V = \frac{\pi \times D \times N}{1000 \times 60} = \frac{\pi \times 60 \times 88.5}{1000 \times 60} = 0.28\text{m/s}$$

$$\text{修正容許彎曲應力 } \delta a = f_v \times f_w \times f_c \times \delta b$$

f_v:速度系數

根據巴氏 (Carl Barth) 之 f_v 計算公式

f_w:負荷系數

$$\text{當 } v \ll 0.28\text{m/s} \text{ 時，設 } f_v = \frac{3.05}{3.05 + v} = \frac{3.05}{3.05 + 0.28} = 0.92$$

f_c:接觸系數

δb:靜的容許彎曲應力

f_w 隨負載之狀態而定其值如下示：

$$f_w = 0.8 \quad (\text{靜負荷作用之場合})$$

$$f_w = 0.74 \quad (\text{負荷變動之場合})$$

$$f_w = 0.67 \quad (\text{衝擊負荷作用之場合})$$

坡地果園油壓作業機以低速行走，承受變動負荷 f_w 值取 0.74 f_c 值隨接觸比 ε 而定 (即 ε=2 時，f_c=2) 一般正齒輪之接觸比 ε 值範圍為 2>ε>1，故為安全起見 f_c=1 計算。

$$\text{則 } \delta a = 0.92 \times 0.74 \times 1 \times 30 = 20.4\text{Kg/mm}^2$$

由 Lewis 公式以正齒輪強度考慮求齒輪模數值

$$P = \pi \delta a m b y$$

P:轉動力 (作用於節圓之切線方向之力)

$$\therefore T = P \cdot r \quad \therefore P = \frac{T}{r} = \frac{15300}{30} = 510$$

m:模數

$$510 = \pi \times 20.4 \times m \times 10m \times 0.102$$

b:齒寬 (10m)

$$m = 2.79 \approx 3$$

y:正齒輪齒形系數 (Lewis 方程式用)

T:扭 矩 (Kg-mm)

r:節圓半徑 (mm)

本機械最高時速為 3KM/h=50m/min

輪胎每轉走 1.2m 每分鐘所需轉數為 50÷1.2=41.6 R.P.M.

$$\text{輪軸齒輪齒數 } Z_2 = \frac{N_1}{N_2} \times Z_1$$

N₂:輪軸轉數

$$= \frac{88.5}{41.6} \times 20 \approx 42$$

N₁:油壓馬達軸轉數

n₁:油壓馬達軸齒數

正 齒 輪 計 算 公 式 及 製 造 尺 寸

名 稱	符 號	計 算 公 式	小 齒 輪 (油壓馬達軸齒輪)	大 齒 輪 (輪胎軸齒輪)
模 數	m	$M = \frac{D}{Z}$	3	3
壓 力 角	α		20°	20°
齒 數	Z	$Z = \frac{D}{M}$	20	42
節 圓 直 徑	D	$D = ZM$	60	126
齒 深	ht	$ht = 2.25m$	6.75	6.75
齒 冠	hk	$hk = m$	3	3

四、實驗方法與步驟

(A)材料：

(1)本機：零件名稱	廠牌	型式	規格
引擎	KAWASAKI	四衝程汽油引擎	KF 68.
泵	Roquet	齒輪泵	F 16
雙連方向閥 (附釋壓閥)	Victor Fluid Power	手動操作彈簧中立式珠子固定式	ZOTSTDZGOHA
節流閥	TOYO	球形閥	$\frac{1}{2}$ "
油壓馬達	Orbit Motor	齒輪式	S-160
軸胎	正新橡膠輪胎		前 4.0—6 後 19.×8.-10.

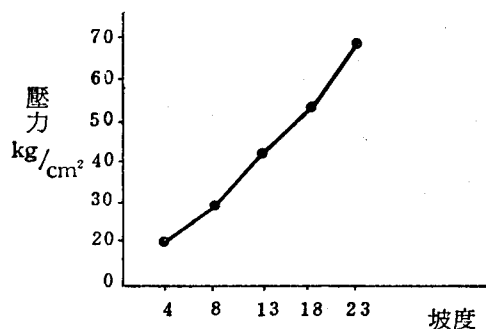
(i)掘孔組件：機架： $\frac{1}{2}$ 吋厚鍍鋅鋼管
油壓馬達：Orbit Motor S-160,
掘孔螺旋器：100吋 150吋 200吋 公厘

(B)試驗方法：

- (1)搜集油靜傳動、掘孔、深層施肥組件資料。
- (2)繪製油靜驅動本機及附件設計組合圖。
- (3)試製油靜驅動本機及掘孔組件。
- (4)進行性能試驗及改進其缺點。

五、實驗結果

(1)爬坡力與油壓系統壓力之關係 (於本場賓朗果園坡度試驗場測定)



由上圖可看出在爬 23 度的陡坡時，油壓系統壓力為 70.Kg/cm²。在坡地上等高線行駛，其油路壓力顯示在 30Kg/cm² 以下隨坡面之平坦情況而異。

下坡時，機體本身重量的作用，坡地果園油壓作業機即有往下滑之情形，油路壓力顯示在 5Kg/cm² 左右，可藉著操作前及後輪的剎車器，來改善下滑之情形，控制下行速度。

(2)本機體主要結構：

汽油引擎 (最大馬力)：7HP

機體尺寸 (長×寬×高)：1290×920×920mm

速度 (前進或後退)：0~3KM/h

輪距：(前) 740mm (後) 750mm

主剎車：方向控制閥中立。

輪胎 (前、後) 剎車：機械內張式剎車。

油壓系統常用壓力：70Kg/cm²

油壓系統可調最高壓力：100Kg/cm²

方向控制閥操作方式：一為彈簧中立式，一為珠子固定式。

本機速度增減速：節流閥流量控制 (加油柄式操作)。

(3)本機製造完成試用期間，氣溫在 14~30°C 間，經連續試用 4 小時，油溫仍保持在 53°C 以下，各油壓另件在 0~80°C 間能正常運轉，故對本機性能無影響，其油溫的詳細變化有待夏季氣溫高之情況下，做進一步試驗測定。

(4)掘孔作業：

①掘孔器方式：螺旋形掘孔器。

②旋轉方向：順時針方向旋轉，可瞬間反向轉動。

③動力源：油壓馬達 S-160

④掘孔最大直徑：20公分

⑤掘孔最大深度：54公分

⑥適用土壤：砂質壤土或砂礫壤土 (遇到片狀石塊須清除)。

⑦掘孔時間：依遇着土壤之情況而異，在砂質壤土，鑽20公分直徑，54公分深之孔，最快速度為40秒（無遇到石礫）。

在砂礫壤土進行掘孔作業，小石礫可自行由螺旋器之螺旋排出地面，但遇到片狀或較大石塊，掘孔螺旋器可瞬間反轉，以人工清除石塊，再繼續進行鑽孔作業。

六、經濟效益分析

掘孔作業以在砂質土壤種植釋迦，掘孔直徑20公分，深度30公分為例計算其掘孔之成本與投資效益。

a機械成本：

a-1固定成本：（母機 59000 元，掘孔機16000元共 75,000元，年利率8.5%，殘值 2000 元，使用壽命10年，每年使用1000小時，每小時掘孔64個）

$$a-1-1 \text{ 每小時折舊費} = \frac{75,000 - 2,000}{10 \times 1,000} = 7.3$$

$$a-1-2 \text{ 利息} = \frac{75,000 + 2,000}{2} \times 0.085 \div 1,000 = 3.27$$

$$a-1-3 \text{ 固定總成本} = 7.3 + 3.27 = 10.57$$

$$a-1-4 \text{ 每孔固定總成本} = 10.57 \div 64 = 0.165 \text{ 元}$$

a-2作業成本：（一人操作，每天工作八小時，工資 400元，每小時燃料消耗0.8公升，每公升28元。）

$$a-2-1 \text{ 每小時人工費} = \frac{400}{8} = 50$$

$$a-2-2 \text{ 燃料費} = 0.8 \times 28 = 22.4$$

$$a-2-3 \text{ 維護費} = 11.35$$

$$a-2-4 \text{ 作業總成本} = 50 + 22.4 + 11.35 = 83.75$$

$$a-2-5 \text{ 每穴使用總成本} = 0.165 + \frac{83.75}{64} = 0.165 + 1.308 = 1.47$$

投資效率：

人工掘穴每天工作八小時，工資 400 元，每小時掘穴23個。

$$\text{每穴人工費} = \frac{400}{8 \times 23} = 2.17$$

$$\text{機械鑽穴較人工掘穴，每穴可節省} = 2.17 - 1.47 = 0.7$$

$$\text{每年可節省} = 1000 \text{ 小時} \times 64 \text{ 穴/小時} \times 0.7 \text{ 元} = 44,800 \text{ 元}$$

機械成本為 75,000元，以一年又八個月所節省之費用即可收回成本

七、檢討及建議

(1)坡地果園油壓作業機，設計成四輪方式，爬

坡時操作輕鬆，等高線行駛較平穩，經試用測定結果在在油路壓力調定在 70Kg/cm² 時，即可爬 23 度之陡坡，等高線作業行駛壓力在 30Kg/cm² 以下，本機械擬在20度以下的坡面駛用，所以油流壓力可調定在 70Kg/cm² 即足夠使用。

(2)在下坡作業時，於坡度八度以下，前輪無剎車，本機即在往下衝之現象，13度以上其下衝之情形更顯嚴重，相當危險，前輪加裝剎車器，使前後輪剎車並用，即可穩定的控制下坡速度（此時節流閥全開，液油經此管路回至油箱）。在方向控制閥於中立位置時，油壓馬達油路封閉，產生總剎車的作用，在坡面上作業有很好的安全性能。

(3)無段變速（0~3KM/h）操作方式簡單，可隨地形、地況，穩定的控制速度，進行各項作業，在不平坦的坡面上有很好的適應性，依地況可輕易的調整至適當的工作速度，提高工作效率。

(4)掘孔附件由油壓馬達傳動，可正、反轉向，扭矩大轉速在 100 R.P.M. 下，掘孔速度隨遭遇的土質之阻力調整快慢，在砂礫壤土作業，鑽到石礫時可瞬間反轉，避免被卡住及機件損壞，鑽孔效率高，其在結構上雖設計可前後調整傾斜度，在13度以下的緩坡面上作業情況良好，但尚有二缺點須加以改良。(a)在r³度以上坡面等高線進行掘孔作業，由於掘孔螺旋器隨坡面成傾斜狀態，角度大，鑽成之孔成傾斜狀，應改良成可左右調整角度，使上、下坡或等高線作業，掘孔螺旋均保持垂直。(b)掘孔部裝在本機前端，操作等位於本機後部不易看到前面欲掘孔點，定點掘穴對準費時，在設計上應改正成可左右前後，定位調整較方便使用。

八、參考資料

1. 小栗富士雄著 臺隆書店編譯 1972 標準機械設計圖表便覽。
2. 吳劍琴 沈頌文譯 徐氏基金會 1976 油壓迴路設計手冊。
3. Darle W. Dudley 著 高則同譯 徐氏基金會1978 齒輪手冊。
4. 大西清著 陳以淦譯 五洲出版社 1974 機械設計及製圖演習（第一冊）。
5. 經濟部中央標準局 1982 工程製圖。
6. Dowty Roquet Sumitomo, Eaton Uchida, 1975.
7. ORBMARK, Hydraulic Motors, cat, No. 3016.
8. Eaton. Meet our Light Duty Family of Hydrostatic Transmissions, 1979.
9. ORBIT Hydraulic Motor, 1980.
10. Machinery's Handbook, 20 edition 1976.