

龍眼加工機械之試驗研究

Studies on Longan Fruit Processing Machine

國立嘉義農專農機科講師

林 慶 福

Ching-Fu Lin

摘 要

龍眼是本省夏季主要水果之一，其產期集中於七、八、九月間，因收穫期逢颱風季節，故除了部分以鮮果供應給消費者外，大部分加工成爲龍眼乾或龍眼乾肉，目前龍眼乾肉加工，完全仰賴人工進行剝殼及剝肉作業，兩次加工作業的支出，約佔總生產成本的三分之一，加工作業既辛苦又不經濟，且不符合衛生原則，故研製加工機械，以解決龍眼乾剝殼問題及改善龍眼乾肉的加工方法，提高衛生標準，減少勞力的需求，降低生產成本，並有效調節市場的供需。

本研究經試驗顯示：(1)用來加工成爲龍眼乾肉的龍眼乾，其含水率以14~14.3%爲佳，而以市場銷售爲主的龍眼乾，含水率以13%較爲適宜。(2)剪切刀片與剪切轉子之間隙，以0.9公分，剪切龍眼乾，較爲省力，其平均剪切長度爲2.1公分。(3)剪切轉子的轉速在85 rpm時，龍眼乾剝殼的情況最爲理想，其剝殼效率約爲90%。(4)剪切轉子的長度爲30公分，龍眼乾直徑爲2公分，剪切轉子的轉速爲85 rpm，L形溝槽數目爲4時，剝殼機單位時間之作業量爲117.7公斤，約人工剝殼的39.2倍。

(關鍵字：龍眼、加工機械)

ABSTRACT

Longans are one of the main summer fruits in Taiwan. It is in season mostly during July, August and September. As the harvest period happens to be also the typhoon season, the fruit is not only freshly served to the customers but also mostly preserved through procession into dry fruit. At present, the procession depends completely on handwork. The expenditure of the twice-processed work occupies about on third of the total cost. The procession is neither easy-working nor economical nor wholesome. Therefore, it is in urgent need to study the processing machine which can help solve the problem of shelling, developing the dry fruit, enhancing the standard of wholesomeness reducing labor, lowering the cost, and effectively regulate the demand of the market.

The study through experiment shows (1) the fruit processed to be the dry one contains at the best only 14-14.3% moisture. The fruit mainly for market sale should contain moisture 13%. (2) It is more power-saving to shear the dried longans with a tool whose nterstice between a shearing blade and a shearing rotor is 0.9cm. The average shearing length is 2.1cm. (3) The ideal situation for the shearing rotor's speed is 85 rpm. The shelling rate is about 90%. (4) When the length of the shearing rotor is 30cm, the diameter of the dry longan is 2cm, the shearing rotor's speed is 85 rpm, the L-shaped groove number is 4, the working capacity of shelling machine is 117.7kg per hour. Its working capacity is 39.2-fold as much as that of the handwork.

(Key word: Longan, processing machine)

前 言

龍眼是本省夏季主要水果之一，其產期集中於七、八、九月間，種植面積高達 9,065公頃，主要產地分佈於南投、嘉義、臺南、高雄等縣，其中以臺南縣種植面積為最多，約計 3,400公頃。由於冷藏保鮮困難，且收穫期又逢颱風季節，故龍眼除了部分以鮮果供應給消費者外，大部分經烘焙加工成龍眼乾或將龍眼乾剝殼、剝肉加工成爲龍眼乾肉，以利久藏，經過烘焙加工後的龍眼乾肉，具有獨特的風味，爲滋養強壯劑，有安神補血，可治健忘、心悸亢進、失眠、神經衰弱、貧血、營養不良等症，是我國主要的中藥藥材之一。目前龍眼乾肉加工完全仰賴人工進行剝殼及剝肉作業，而這兩次加工作業的支出，約佔總生產成本的三分藥材之一，既辛苦又不經濟。近年來由於農村勞力逐年減少，傳統式加工，除了耗時費工外，最大問題是不合乎衛生原則且對產品品質維護造成極大的威脅，故研製龍眼加工機械實是當務之急，刻不容緩。

本研究的主要目的，是研究設計高性能的龍眼加工機械，以解決龍眼乾的剝殼問題，改善龍眼乾肉的加工方法，使龍眼加工一貫作業化，提高製造衛生標準，增加工作效率，減少農村勞力之需求，降低生產成本，增進果農的收益，並有效地調節市場的供需，使消費者能獲得既便宜又衛生的食品。

試驗材料及方法

一、龍眼乾加工方法：

(1)去除枝梗：以往龍眼加工時，必須用人工將

其枝梗去除，因水果產地勞力缺乏，且不合乎加工經濟效益，目前果農係將整穗的龍眼放置在乾燥機上加溫，使果實自然脫落，再撿去枝梗。

(2)濕潤：其主要作用係用水清潔果實，並使果殼表面之水分含量均勻，以免在烘焙時，產生裂果。

(3)加砂着色：其目的是促進龍眼乾果殼之美觀，並使在焙炒龍眼時，熱量能均勻傳到整個果粒上。

(4)焙炒：直接將龍眼果肉及果殼多餘的水分去除，是加工過程中最重要的步驟，在焙炒時應注意溫度的控制及適時地翻動龍眼，以促使焙炒更爲均勻。

(5)冷却：將焙炒過的龍眼，置於空氣中冷却回潮，使龍眼的果肉變爲柔韌，並使果肉不黏於果殼，以便剝殼。

(6)無火焙炒：其目的使烘焙加工後的龍眼乾均勻化。

龍眼經過以上六項加工過程，即成爲龍眼乾，在加工過程中溫度的控制十分重要，因爲焙炒時的溫度將直接影響龍眼乾的含水率及龍眼乾肉的品質與風味。

二、含水率之測定：

龍眼乾之含水率，對於龍眼乾肉加工及其風味影響甚大，含水率過高不易剝殼，含水率太低，在剝殼加工時，果殼容易破碎而黏附在果肉上，徒增剝肉加工處理上的麻煩，茲就市場所銷售的龍眼乾與果農剛烘焙加工後的龍眼乾進行含水率之測定，探討最適當的含水率，以提高剝殼效率。

含水率之測定，係將龍眼乾剝殼取出果粒，擇

其果殼以定量分析法、逢機取樣，使用紅外線水分測定器予以測定，設 W_w 為水分重量， W_d 為乾物重量，則含水率關係式如下：

$$m = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

本試驗分別以市場銷售的龍眼乾及果農剛烘焙加工後的龍眼乾進行含水率測定，每組取樣12次其結果如下表：

表一 龍眼乾果殼含水率之測定表

Table. 1. Moisture measurement of shell of the dried Longan

組別 含水率 次別	市場銷售的 龍眼乾 (%)	剛烘焙後 的龍眼乾 (%)
1	13.4	12.9
2	14.2	13.1
3	13.6	12.9
4	13.2	12.8
5	14.1	13.0
6	14.3	12.8
7	13.8	13.1
8	13.5	12.9
9	13.9	13.1
10	14.0	13.0
11	14.2	12.8
12	13.4	12.9
平均	13.8	12.94

三、龍眼乾剝殼原理之探討及剝殼機構之設計

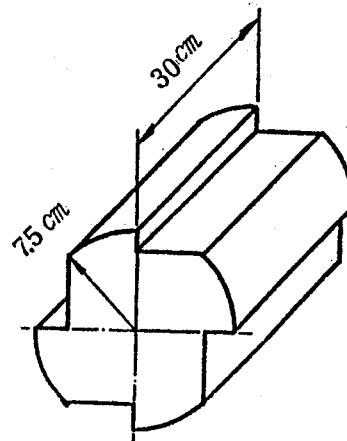
一般農產品的剝殼作業，係以一對反向旋轉的差速滾筒，利用滾筒反向旋轉，將原料送入滾筒內，藉着滾筒的微小間隙，對原料施加壓力而產生壓擠作用，與差速時的剪力所產生的搓揉作用完成剝殼作業。其作用力的組合與機構的設計須依農產品的特性而定，如堅果類的剝殼作業是以壓力碎殼為主，而穀類作物的剝殼則須壓力與剪力配合才能達到剝殼的效果。壓力作用在剝殼作業中，是提供壓擠作用使殼破碎，根據摩擦定律，垂直正壓力與摩擦力成正比例關係，而摩擦力與接觸面的特性有關

，適當的壓力，可提高摩擦力而充分發揮剪力的效果。剪力對少數堅果類產品，在剝殼作業中是不可缺少的一股作用力，在剝殼作業中，通常先以壓力將果殼壓破，再配合剪力作用將殼搓開，剪力作用的大小，係受周速差率或轉動差率而影響，轉動差率愈大，其所產生的剪力就愈大。設高速滾筒的轉速為 N ，低速滾筒的轉速為 n ，則轉動差率 N_d 可以下式表示。

$$N_d = \frac{N - n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

龍眼的外殼，雖屬於纖維性的組織，但經過烘焙後，果殼變為十分脆硬，其剝殼工作雖可藉壓力作用及剪力作用完成，但壓力及剪刀如施用不當，會擴大破裂效果，成為碎殼而黏附在果肉上，這對龍眼乾肉的加工，並非理想的剝殼方法，因為碎殼黏附在果粒上，會徒增加工上的麻煩。此外龍眼果殼上的果蒂是緊附在果粒上，因此在剝殼時須設法使果殼上的果蒂與果粒分離，才能順利完成剝殼的工作。為了克服上述的難題，筆者設計一組木製滾筒式的剝殼機構，進行試驗，發現木製滾筒雖具有剝殼的功能，但碎殼黏附在果粒上十分嚴重，由試驗顯示，滾筒式的剝殼機構不能勝任龍眼乾的剝殼工作。

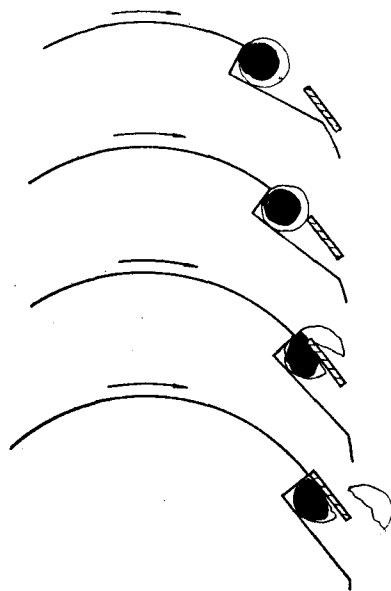
經過一連串的模擬試驗，最後筆者根據人工剝殼所用的剪切方法，設計一組以剪切轉子配上剪切刀片的剝殼機構，剪切轉子選用半徑7.5cm的圓木塊，為了便於試驗起見剪切轉子長度，只採用30cm，在圓木塊的周邊，銑切成特殊的L形溝槽，如將剪切轉子長度增加，其剝殼量也隨著增加，經試驗結果發現剝殼的效果良好，且不會產生碎殼



圖一 剪切轉子示意圖

而黏附在果粒上。剪切轉子構造如圖一示，其剪切作用如下：

龍眼乾落入L形溝槽後，龍眼乾即隨著剪切轉子的旋轉而轉動，當果殼凸出轉子的部分，碰上剪切刀片時，受L形溝槽頂部銳利的稜角及剪切刀片的剪切作用，將龍眼乾的果殼剪斷成兩半，同時由於剪切轉子旋轉時所產生的擾動作用，使龍眼乾的果粒與果蒂分離，果殼隨著剪切轉子繼續轉動到達下方時，才離開轉子，完成剝殼的工作。其作用情形如圖二示。



圖二 剪切機構作用情形

四、剝殼機構之試驗：

1. 剪切刀片位置之測定：

為提高剝殼效率，減少碎殼的發生，必須確定剪切刀片與剪切轉子組合的適當位置，以求得最佳之剪力，再由此剪力計算剪切轉子的迴轉數。

根據力學理論，當龍眼乾放置於靜止轉子之C點上，如圖三示，在靜力場中，求得龍眼乾由轉子圓周上自然落下之高度，由於龍眼乾離開轉子，是因重力沿徑向之分量小於離心力的關係，龍眼乾離開轉子時，作用力分析如下：

$$\vec{F} = mg = \vec{ca} \dots\dots\dots(3)$$

$$\vec{F} = \vec{ab} = \vec{ma} = \frac{mv^2}{r} \dots\dots\dots(4)$$

$$\therefore \vec{ab} = \vec{ac} \cos\theta = mg \cos\theta \dots\dots\dots(5)$$

$$\therefore mg \cos\theta = \frac{mv^2}{r} \dots\dots\dots(6)$$

利用能量守恒定理：

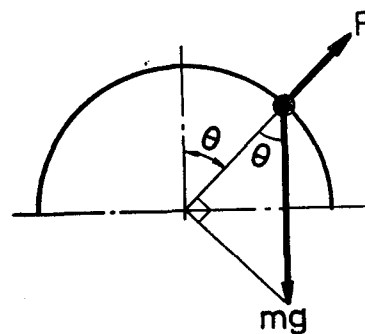
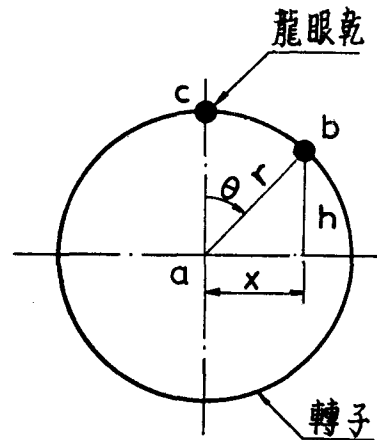
$$mgr = \frac{1}{2}mv^2 + mgr \cos\theta \dots\dots\dots(7)$$

(6)式代入(7)式得

$$\frac{mv^2}{\cos\theta} = 1/2mv^2 + mv^2$$

$$\therefore \cos\theta = \frac{2}{3}$$

$$h = r \cos\theta = \frac{2}{3}r \dots\dots\dots(8)$$



圖三 剪切作用力學分析

由上可知，龍眼乾在靜止條件下，由剪切轉子

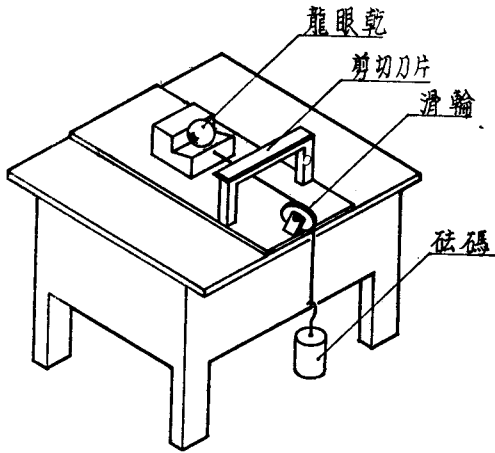
脫離時， $h = \frac{2}{3}r$ ，而在轉子旋轉情況下，會有超前的趨向，但由於龍眼乾的重量甚輕，故此超前量，可省略不計，因此將剪切刀片安裝在轉子之 $\frac{2}{3}r$ 處，可得到最省力之剪切效果。

2. 剪切試驗：

(一) 儀器與材料：力桌一臺、砝碼(總重量5000g)、電子數位稱一臺、剪力試驗臺、水平儀、龍眼乾。

(二) 試驗步驟：

- (1) 將力桌以水平儀作水平校正至水平。
- (2) 將剪力試驗臺，裝在力桌上，如圖四示。
- (3) 量稱龍眼乾與滑車之重量。
- (4) 將龍眼乾放置在滑車上，並調整剪切刀片與龍眼乾之間隙。
- (5) 逐漸增加砝碼的重量至龍眼乾的果殼完全剪斷為止。
- (6) 將所得的數據予以記錄。
- (7) 再將剪切刀片與龍眼乾的間隙作調整後，再重複上述步驟試驗之。



圖四 剪切試驗裝置示意圖

五、選別篩網之設計

1. 果粒在篩網上之運動分析：

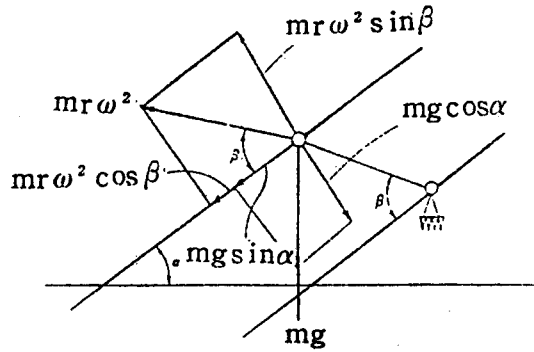
龍眼乾剝殼後，除了須將果粒與果殼分別篩選外，還需要將黏附在果粒上的碎殼予以分離，由調查資料及試驗發現，使用振動篩網，作為果粒篩選處理最為理想，茲就果粒在篩網上的運動，作理論分析，以為設計篩網選別裝置之依據。

果粒在篩網上的運動，在理論上可將果粒考慮

為粒子，假如果粒的形狀及空氣阻力忽略不計，粒子在篩網上的運動如圖五示，其運動方程式為：

$$m r \omega^2 \cos \beta + m g \sin \alpha - \mu (m g \cos \alpha - m r \omega^2 \sin \beta) = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

- m：粒子質量
- g：重力加速度
- r：曲柄半徑
- $\beta = \omega t$ ：曲柄旋轉角度
- α ：篩網傾斜角
- μ ：粒子與篩面的摩擦係數



圖五 粒子在篩面上的運動情形

令 $K_p = \frac{r \omega^2}{g}$ 為離心效果則(9)可變為：

$$K_p \cos \beta + \sin \alpha - \mu (\cos \alpha - K_p \sin \beta) = 0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

(一) 欲使篩面上的粒子往下面移動的條件為：

$$m r \omega^2 \cos \beta + m g \sin \alpha > \mu (m g \cos \alpha - m r \omega^2 \sin \beta) \quad \dots\dots\dots(11)$$

代 $\mu = \tan \phi$ 入(10)式則(10)式可變為

$$r \omega^2 \cos(\beta - \phi) > g \sin(\phi - \alpha) \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\therefore \cos(\beta - \phi) \leq 1$$

$$\therefore r \omega^2 > g \sin(\phi - \alpha) \quad \dots\dots\dots(13)$$

在上式中，如曲柄半徑為一定，而增加曲柄的旋轉速度及篩面的傾斜角度，則粒子與篩面間的摩擦係數，將會隨著減少，而使粒子容易往下移動。

(二) 欲使篩面上的粒子往上方移動的條件為：

$$-r \omega^2 \cos(\beta + \phi) > g \sin(\phi + \alpha) \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$r \omega^2 > -r \omega^2 \cos(\beta + \phi) > g \sin(\phi + \alpha) \quad \dots\dots\dots(15)$$

(三) 當粒子跳離篩面時(9)式可考慮如下式

$$m r \omega^2 \sin \beta = m g \cos \alpha + \mu (m r \omega^2 \cos \beta + m g \sin \alpha) \quad \dots\dots\dots(16)$$

代 $K_p = \frac{r \omega^2}{r \omega g}$ 入(16)式則(16)式變為

$$K_p \sin \beta = \cos \alpha + K_p \mu \cos \beta - \mu \sin \alpha \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin\beta &= \sqrt{1 - \cos^2\beta} \text{ 則(17)式變爲} \\ \cos^2\beta + \frac{2\mu(\cos\alpha + \mu\sin\alpha)}{K_p(1+\mu^2)} \sin\beta \\ - \frac{K_p^2 - (\cos\alpha + \mu\sin\alpha)^2}{K_p^2(1+\mu^2)} &= 0 \dots\dots(18) \end{aligned}$$

由上式移項求得 $\cos\beta$

$$\cos\beta = \frac{\sqrt{K_p^2(1+\mu^2) - (\cos\alpha + \mu\sin\alpha)^2}}{K_p(1+\mu^2)}$$

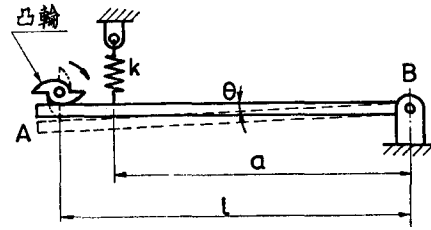
$$-\mu(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) \dots\dots(19)$$

2. 振動篩網之設計

由於所有振動系統，均具有某些程度的阻尼 (damping)，因摩擦阻力或內部其他阻力的作用而使振動能量散失，本研究經多次的試驗發現，選別篩網利用凸輪作用，配合彈簧的彈力使篩網產生振動，可獲得較佳的篩選效果，就振動篩網作用分析如下，圖六示。

- 設 I_B ：轉動慣量
- τ_B ：轉矩
- α_B ：角加速度
- ω ：角速度
- ℓ, a ：長度
- W ：重量
- F ：彈簧的彈力
- k ：彈性係數
- x ：彈簧伸長量
- t ：週期

$$I_B = \frac{1}{6} W \ell^2 \dots\dots(20)$$



圖六 振動篩網作用示意圖

$$\tau_B = I_B \alpha_B \dots\dots(21)$$

由虎克定律得

$$F = -kx \dots\dots(22)$$

$$x = a\theta$$

$$\therefore M_B = Fa = -ka^2\theta \dots\dots(23)$$

且 $\tau_B = M_B$

$$I_B \alpha_B = -ka^2\theta \quad \alpha_B = \ddot{\theta}$$

$$\frac{1}{6} W \ell^2 \ddot{\theta} + Ka^2\theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{6ka^2}{W \ell^2} \theta = 0 \dots\dots(24)$$

因轉軸在B端上，如將對應B端的橫桿所產生的轉動慣量，不予考慮，由簡諧運動定理得

$$\omega = \left[\frac{6ka^2}{W \ell^2} \right] \dots\dots(25)$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega} \dots\dots(26)$$

由於角速度 ω 值與彈簧的彈性係數 k 值有關，可由試驗而得 k 值，其試驗數據如表二、表三及圖七示。

表二 彈簧伸長量測定表

Table. 2. The measurement of spring's elongation

次	別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
重	量 (g)	19 73	2822.5	2619.5	2518.0	2332.0	2115.0	3017.0	2664.0	3303.5	4008.5
伸	長量 (mm)	42.05	47.1	45.9	45.6	44.65	44.65	48.6	46.6	50.25	54.1

註：彈簧原來長度為36.1mm

$$\text{由虎克定律 } F = -kx, \text{ 且 } k = \frac{\Delta F \times 980}{\Delta x} \text{ (dyne/mm)}$$

$$\Sigma k = 1690795.393 \text{ dyne/mm}$$

$$k_{\text{average}} = 169079.5393 \text{ dyne/mm}$$

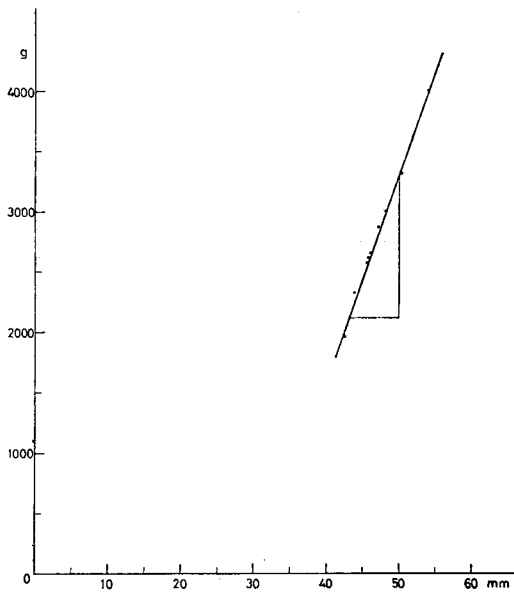
$$= 1690.795 \text{ nt/m}$$

$$= 172.53 \text{ kg/m}$$

代平均 k 值、 $a = 32.4 \text{ cm}$ 、 $\ell = 42 \text{ cm}$ 、 $W = 2.634 \text{ kg}$ 入(24)式，可得角速度 ω 之值：

表三 彈簧的彈性係數k值測定表
Table 3. The measurement of spring constant

處理別	Δx (mm)	ΔF (g)	k (dyne/mm)
1-2	5.05	849.5	164853.465
1-3	3.85	646.5	164563.6364
1-6	5.1	902.0	173325.4902
1-7	6.55	1044.0	156201.5267
1-10	12.05	2035.5	165542.7368
2-5	2.45	490.5	196200.0
2-10	7.0	1186.0	166040.0
3-10	8.2	1389.0	166002.439
4-7	3.0	499.0	163006.667
6-10	10.6	1893.0	175059.430



圖七 彈簧伸長量之測定圖

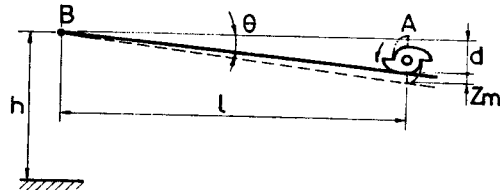
$$\omega = \frac{6 \times 1690.795 \times (32.4)^2}{2.634 \times (42)^2}$$

$$= 47.874 \text{ rad/sec}$$

凸輪升距的求法與轉速的大小：

(1) 凸輪升距 (Z_m) 之求法

龍眼乾經由剪切裝置剝殼後，落到篩網上的B端，其能量為 mgh ，由於振動篩網的振動，而使果粒及果殼，產生移動作用，當果粒與果殼移動到篩網的A端時，其能量為 $mg(h-d) + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$ ，如圖八示。



圖八 振動篩網作用情形示意圖

$$l = 42 \text{ cm}, \theta = 15^\circ$$

$$\therefore d = l \sin \theta = 10.87 \text{ cm}$$

$$I = \frac{2}{5} m R^2$$

$$R = 1.05 \text{ cm}$$

$$V = Z_m \omega$$

由能量守恒定理得

$$mgh = mg(h-d) + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$gd = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \dots \dots \dots (27)$$

$$gd = \frac{1}{2}Z_m^2 \omega^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} R^2 \omega^2$$

$$= \omega^2 (\frac{1}{2}Z_m^2 + \frac{1}{5}R^2)$$

$$980 \times 10.87 = (47.874)^2 [\frac{1}{2}Z_m^2 + \frac{1}{5}(1.05)^2]$$

$$Z_m = 2.98 \text{ cm}$$

(2) 凸輪軸轉速的大小

凸輪設計應配合篩網的振動，因其振動衝量所產生的衝力是與時間成反比例關係，本研究凸輪的設計是以凸輪軸旋轉一轉，而凸輪作兩次簡諧運動，第一次由A到B，第二次是A¹到B¹，而AB、A¹B¹為凸輪軸的升距，如圖九示。

由凸輪的設計圖，得知凸輪旋轉一轉有兩次升距，因篩網受彈簧拉力與凸輪的作用，而產生振動，當凸輪旋轉到頂點時， $F = -kZ_m$ ，故篩網振動一次所須的時間為

$$t = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.1416}{47.874} = 0.131 \text{ sec}$$

$$F = kx = -kZ_m$$

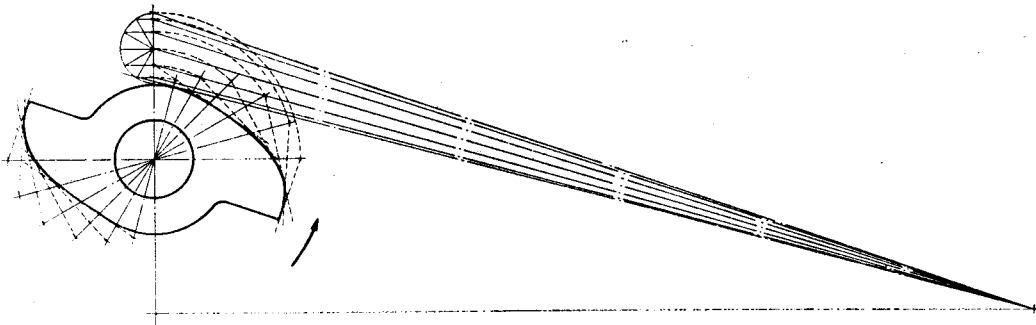
$$= 1609.795 \text{ nt/m} \times 2.98 \text{ cm}$$

$$= 5.141 \text{ kg}$$

$$T = F \times l$$

$$= 5.141 \times 42$$

$$= 415.939 \text{ cm-kg}$$



圖九 凸輪設計示意圖

$$T = \frac{\pi D^3}{16} S_s \dots\dots\dots(28)$$

$$D = 171 \sqrt[3]{\frac{H_{kw}}{S_s}} \dots\dots\dots(29)$$

設 T：扭矩 (cm·kg) D：凸輪軸直徑(mm)
 ， S_s ：扭轉剪應力 (kg/mm²)， H_{kw} ：傳遞馬力 (kw)， N ：軸迴轉速 (r. p. m)，本研究軸的材料選用中軟鋼，其扭轉剪應力 S_s 為 300 kg/cm²，馬達動力輸出為 0.37 kw。

$$\therefore D = \left(\frac{16 \times 415.939}{3.1416 \times 300} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1.92 \text{ cm} = 19.2 \text{ mm}$$

$$19.2 = 171 \sqrt[3]{\frac{0.37}{3 \times N}}$$

$$N = 87 \text{ r. p. m}$$

六、改良與研製

(一)動力部分：為了減少加工作業時的噪音及減輕機械的重量，降低動力裝置的成本，龍眼乾剝殼機的原動機選用東元單相感應電動機，利用電動機帶動皮帶輪以驅動剪切轉子、風扇與振動篩網的凸輪軸。電動機規格如下：

型 式	BSHW	
極 數	4	
輸 出	½HP or 0.37kw	
輸 入	0.54kw	
轉 速	1730 rpm	
頻 率	60Hz	
電 壓	110V	220V
電 流	8A	4A

(二)作業機部分：包括進料容器、剝殼裝置、收集裝置、篩選裝置及果粒容器與果殼箱等部分，如圖十、十一示，其各部分說明如下：

(1)進料容器：以厚 1mm 鐵板製成，為使龍眼乾能順暢落入剝殼裝置進料容器的傾斜角度以 60° 為佳。

(2)剝殼裝置：包括剪切刀片及剪切轉子，剪切轉子的半徑為了配合溝槽數及增加剝殼量，轉子半徑為 7.5cm，長度增長為 30cm，轉子的周邊銑切成 L 形溝槽，而 L 形溝槽深度為 1.5cm，如圖一示，剪切刀片使用不銹鋼板研磨製成，其長度應與轉子長度配合。

(3)收集裝置：以厚 1mm 鐵板製成，將剝殼後的果粒及果殼，集中輸送到篩選裝置以便篩選。

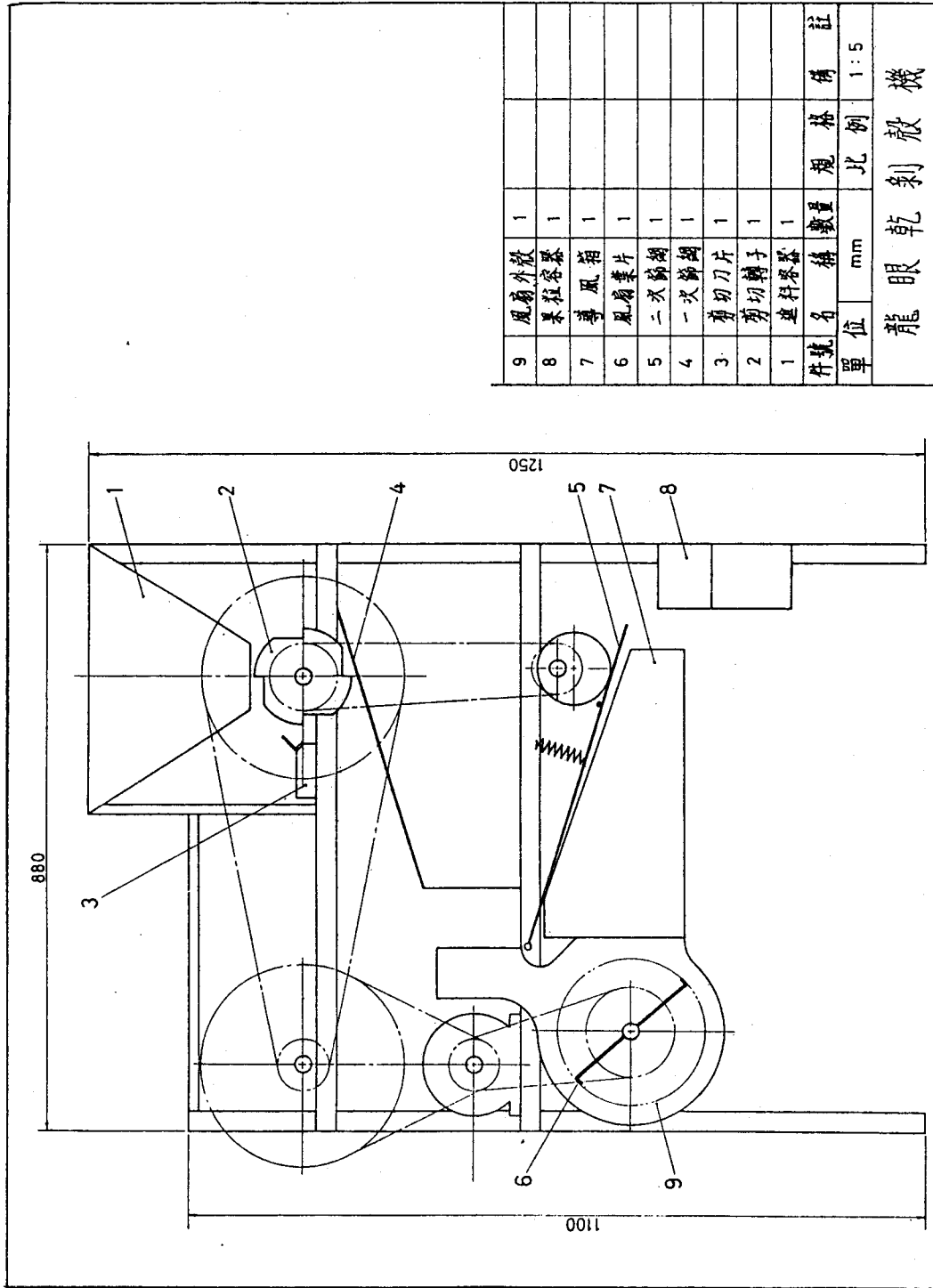
(4)篩選裝置：包括篩網及風扇，為使選別效果更為理想篩網分一次篩網與二次振動篩網，一次篩網是利用斜面原理，使剝殼後的龍眼乾，滑經斜面時分離較大的果殼，二次篩網利用凸輪振動，使剝殼後的果粒及果殼完全分離，篩網用 2mm 的鐵絲製成，一次篩網的網目為 12mm，二次篩網的網目為 10mm。風扇葉片為 4 片，風速約 8m/s，在篩選過程中，利用篩網的振動配合風扇的風選，而將黏附在果粒上的碎殼予以分離。

(5)果粒容器與果殼箱：將剝殼後的果粒與果殼分開收集，果粒容器包括完全脫殼及不完全脫殼的果粒容器，將不完全剝殼的果粒分開裝盛，以便再作第二次脫殼。

(三)業作流程：(詳見 69 頁)

七、剝殼性能試驗

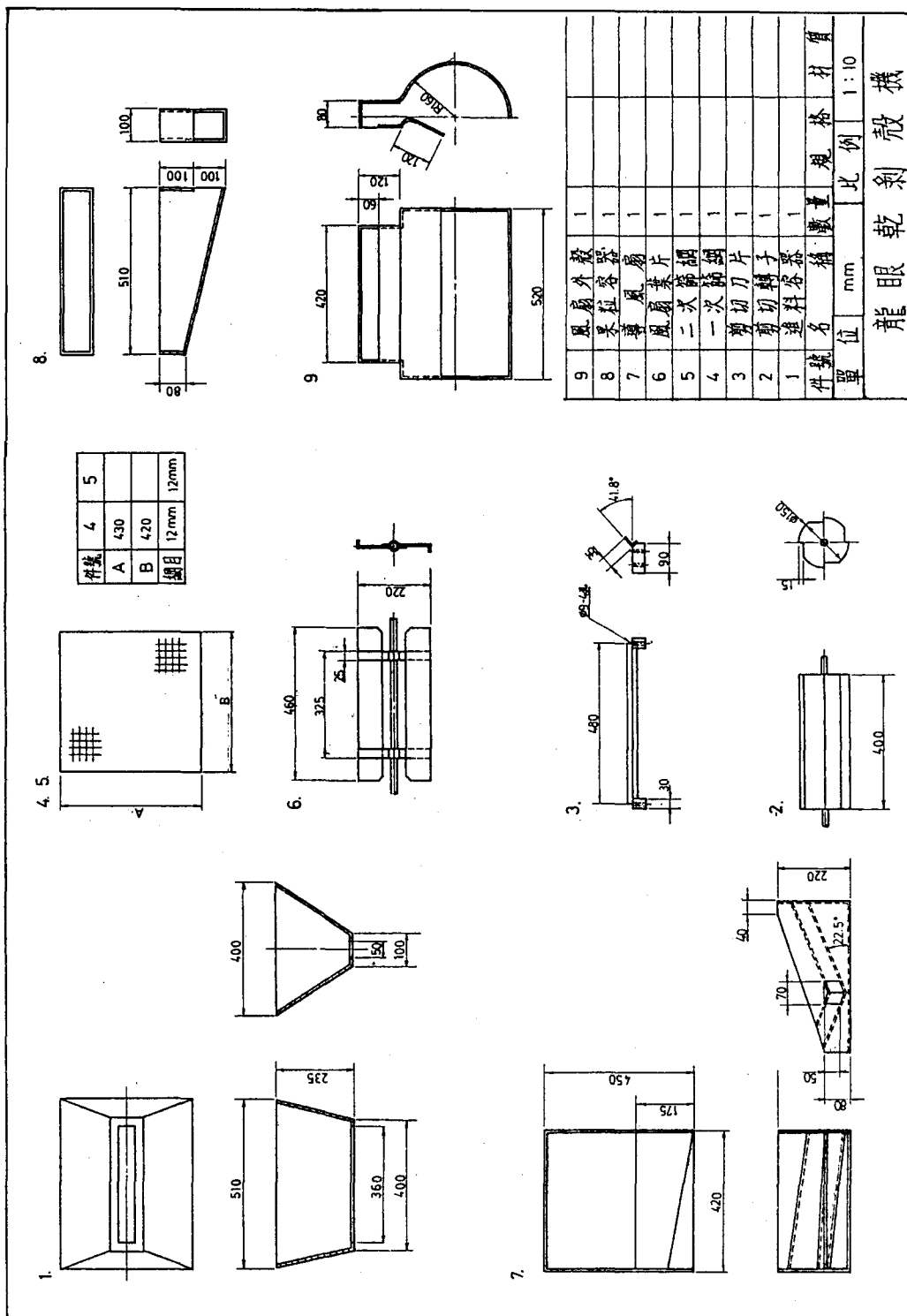
龍眼乾含水率過高，不利貯存，含水率過少，在剝殼加工時，容易產生碎殼而黏附在果粒上，增加加工處理上的麻煩，茲就不同含水率的龍眼乾，



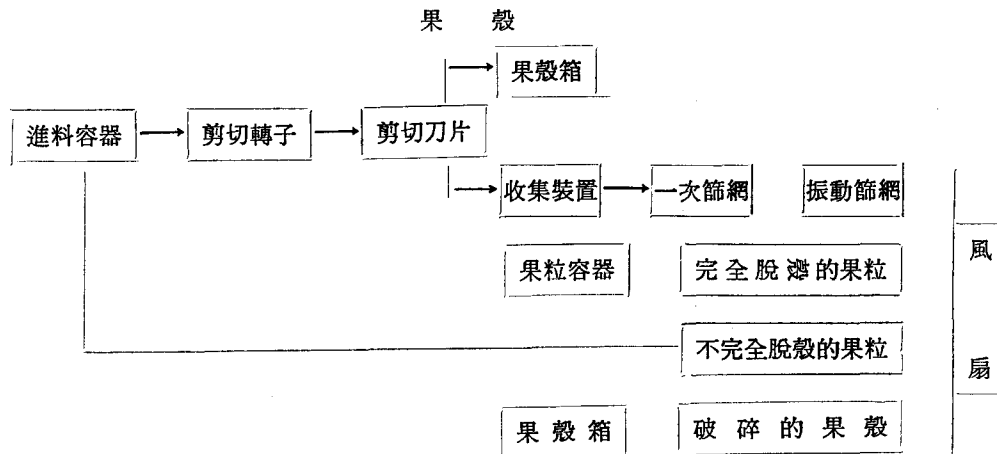
9	風扇外殼	1			
8	果粒容器	1			
7	導風箱	1			
6	風扇葉片	1			
5	二次篩網	1			
4	一次篩網	1			
3	剪切刀片	1			
2	剪切轉子	1			
1	進料器	1			
件號	名稱	數量	規格	備註	
單位	mm	比例	1:5		

龍眼乾剝殼機

圖十 龍眼乾剝殼機示意圖



圖十一 龍眼乾剝殼機零件圖



分別進行剝殼試驗，以探討最適合於剝殼加工的含水率。

剝殼試驗係將含水率 12.8~13.1%、13.6~13.9%、14.0~14.3% 的龍眼乾分為四組試驗，每組取樣 20 個、40 個、60 個，利用東元 SCM-1500C 型無段變速輪控馬達，驅動剪切轉子，剪切轉子的速度分別為 55、60、65、70、75、80、85、90、95、100 等 rpm，每組重複試驗四次。

八、剝殼作業量之測定：

剝殼機作業量係隨著剪切轉子的長度，轉速及 L 形溝槽數增加而增加，本研究為便於試驗起見，剪切轉子長度選用 30cm，L 形溝槽數為 4，剝殼作業量以下式計算。

$$C = \frac{60 L n N}{D} \dots\dots\dots(30)$$

C：剝殼作業量 (個/小時)

L：剪切轉子長度 (cm)

n：剪切轉子轉速 (r.p.m)

N：L 形溝槽數

D：龍眼乾直徑 (cm)

結果與討論

一、含水率之測定：

以果農剛烘焙加工後的龍眼乾，進行含水率測定結果含水率由 12.8%~13.1% 不等，平均含水率為 12.94%。以市場銷售的龍眼乾，作含水率測定結果含水率由 13.2%~14.3%，平均含水率為 13.8%，根據果農經驗表示，以市場直接銷售為主的龍眼乾，含水率應在 13% 左右，因龍眼乾在貯藏存放過程中，會產生回潮現象，如用來加工成龍眼乾肉的龍眼乾，其含水率在 14% 左右，對剝殼工作較為理想。

二、剪切試驗：

1. 龍眼乾重量測定：龍眼乾重量測定分 10 粒、20 粒、30 粒等 3 處理，每處理重複量測四次，求其每個龍眼乾之平均重量，其結果如下：

處理別 次 別	A		B		C	
	重量 (g)	每個平均重 (g)	重量 (g)	每個平均重 (g)	重量 (g)	每個平均重 (g)
1	35.2	3.52	71	3.55	108.6	3.62
2	36.1	3.61	71.6	3.58	108.2	3.61
3	36.5	3.65	72.2	3.61	107.8	3.59
4	35.8	3.58	73.4	3.67	109.1	3.64
平均		3.59		3.6		3.62

每個龍眼乾的平均重量為

$$m = \frac{3.59 + 3.6 + 3.62}{3} = 3.6g$$

2. 剪力試驗：

剪切轉子與剪切刀片的間隙大小，將影響龍眼

乾之剝殼效果，間隙太小，剪切刀片將會切到果肉，間隙太大，剝殼效果差，根據初步試驗發現，剪切刀片與剪切轉子間隙為0.8cm時，剪切刀片將切

到龍眼乾的果肉，間隙1.1cm時，剝殼效果不佳，茲就剪切刀片0.9cm及1.0cm，進行試驗，結果如下：

剪切刀片間隙0.9cm：

重量(g)	27	27	27.5	27.5	28	28	28.5	28.5	29	29
$\tau = w(g)$	2354	2366	2386	2392	2421	2416	2435	2442	3024	3016

剪切刀片間隙1.0cm：

重量(g)	27	27	27.5	27.5	28	28	28.5	28.5	29	29
$\tau = w(g)$	2882	2886	3016	3024	3094	3082	3128	3136	3232	3228

比較剪切刀片間隙0.9cm與1.0cm時，其剪力情形，

$$\tau_{0.9} = \sum_{i=1}^{10} F_i = 25252(g)$$

$$\tau_{average} = 2525.2(g)$$

$$\tau_{1.0} = \sum_{i=1}^{10} F_i = 30708(g)$$

$$\tau_{average} = 3070.8(g)$$

由上結果得知以間隙0.9cm時，較為省力。

3. 龍眼乾平均剪切長度之測定：

龍眼乾在剪切轉子上，隨著剪切轉子而旋轉，

由剪切點到切斷點之作用弧長，是以剪切刀片間隙0.9cm為量測標準，其剪切長度共量測12次，再取其平均值。

$$S = \sum_{i=1}^{10} S_i = 2.1 + 2.2 + 2.0 + 2.2 + 2.0 + 2.1 +$$

$$2.0 + 2.1 + 2.2 + 2.0 + 2.1 + 2.2$$

$$S_{average} = 2.1cm$$

三、剝殼性能試驗：

將含水率12.8~13.1%、13.2~13.5%、13.6~13.9%、14.0~14.3%的龍眼乾分四組試驗，每組取樣20個，結果如表二、三、四、五，取樣40個，結果如表六、七、八、九，取樣60個，結果如表十、十一、十二、十三。

表二 剝殼試驗測定 (含水率12.8~13.1%)
Table 2. Measurement of shelling test (moisture 12.8~13.1%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	16	15	16	15	3	3	3	3	1	2	1	2
60	16	16	15	16	2	1	2	1	2	3	2	3
65	17	16	16	16	1	2	2	2	2	2	2	2
70	17	17	17	16	1	2	1	2	2	1	2	2
75	17	17	17	18	2	1	2	1	1	2	1	1
80	18	17	18	18	1	2	1	1	1	1	1	1
85	18	19	18	18	1	0	1	1	1	0	1	1
90	17	18	17	18	1	1	1	1	2	1	2	1
95	17	17	18	17	1	1	1	1	2	2	1	2
100	16	17	17	16	2	1	1	2	2	2	2	2

表三 剥殼試驗測定 (含水率13.2~13.5%)

Table. 3. Measurement of shelling test (moisture 13.2~13.5%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	16	15	15	16	3	3	4	3	1	2	1	1
60	16	16	17	16	3	4	2	3	1	0	1	1
65	16	17	16	17	2	2	3	2	2	1	1	1
70	17	17	17	18	2	2	1	2	1	1	2	0
70	18	17	18	17	1	1	2	1	1	2	0	2
80	18	18	17	18	1	1	1	1	1	1	2	1
85	19	18	18	18	1	1	1	1	0	1	1	1
90	17	17	18	18	2	1	1	1	1	2	1	1
95	18	17	17	17	1	2	1	2	1	1	2	1
100	16	17	16	17	2	1	2	1	2	2	2	2

表四 剥殼試驗定測 (含水率13.6~13.9%)

Table. 4. Measurement of shelling test (meisture 13.6~13.9%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	15	15	16	15	4	4	3	5	1	1	1	0
60	16	15	15	16	3	3	4	3	1	2	1	1
65	16	17	16	16	3	3	4	3	1	0	0	1
70	17	17	18	17	2	2	1	2	1	1	1	1
75	18	17	17	18	1	1	2	1	1	2	1	1
80	18	18	18	17	1	1	1	1	1	1	1	2
85	19	18	17	18	1	1	2	1	0	1	1	1
90	18	17	18	17	1	1	1	2	1	2	1	1
95	17	17	17	16	1	1	2	2	2	2	1	2
100	16	16	17	16	2	1	2	2	2	3	1	2

表五 剥殼試驗 (含水率14.0~14.3%)

Table. 5. Measurement of shelling test (moisture 14.0~14.3%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	16	15	15	16	4	4	4	3	0	1	1	1
60	16	16	16	15	3	4	3	4	1	0	1	1
65	17	16	16	16	2	3	2	3	1	1	2	1
70	18	17	16	17	1	1	2	3	1	2	2	0
75	18	18	17	17	1	0	2	2	1	2	1	1
80	18	18	17	18	0	1	2	1	2	1	1	1
85	19	18	18	19	1	0	1	0	0	2	1	1
90	18	17	17	18	1	2	1	0	1	1	2	2
95	17	16	17	17	1	2	1	1	2	2	2	2
100	16	17	16	17	1	2	2	1	3	1	2	2

表六 剝殼試驗測定 (含水率12.8~13.1%)

Table. 6. Measurement of shelling test (moisture 12.8~13.1%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	32	31	31	32	6	7	8	6	2	2	1	2
60	33	32	31	32	6	6	7	6	1	2	2	2
65	34	33	33	34	5	6	5	5	1	1	2	1
70	34	34	35	33	4	5	4	5	2	1	1	2
75	35	34	36	35	3	4	3	4	2	2	1	1
80	36	37	37	36	2	0	1	2	2	3	2	2
85	37	36	38	37	1	2	1	1	2	2	1	2
90	36	36	36	35	1	2	2	2	3	2	2	3
95	35	35	36	35	2	3	2	2	3	2	2	3
100	33	34	33	34	3	2	3	3	4	4	4	3

表七 剝殼試驗測定 (含水率13.2~13.5%)

Table. 7. Measurement of shelling test (moisture 13.2~13.5%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	33	32	31	32	6	6	7	7	1	2	2	1
60	32	33	33	32	7	6	5	6	1	1	2	2
65	34	34	33	34	5	4	6	4	1	2	1	2
70	34	33	35	34	4	5	4	4	2	2	1	2
75	35	34	35	36	3	4	4	3	2	2	1	1
80	36	37	37	37	2	2	1	1	2	1	2	2
85	37	38	37	37	1	0	1	2	2	2	2	1
90	36	37	36	36	2	1	2	2	2	2	2	2
95	35	36	35	36	2	2	2	1	3	2	3	3
100	34	34	33	34	3	2	3	2	3	4	3	4

表八 剝殼試驗測定 (含水率13.6~13.9%)

Table. 8. Measurement of shelling test (moisture 13.6~13.9%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	32	33	31	32	7	6	7	6	1	1	2	2
60	33	32	33	32	6	6	5	7	1	2	2	1
65	34	33	33	33	5	5	6	5	1	2	1	2
70	33	34	35	34	5	4	4	5	2	2	1	1
75	34	35	36	35	4	4	3	4	2	1	1	1
80	36	36	37	37	2	2	1	2	2	2	2	1
85	37	37	38	37	1	1	0	1	2	2	2	2
90	36	36	36	36	2	2	1	2	2	2	3	2
95	35	35	35	36	2	2	2	2	3	3	3	2
100	34	34	34	33	3	2	3	3	3	4	3	4

表九 剥殼試驗測定 (含水率14.0~14.3%)

Table 9. Measurement of shelling test (moisture 14.0~14.3%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	33	31	32	32	6	7	6	7	1	2	2	1
60	32	33	33	32	6	6	6	6	2	1	1	2
65	33	34	34	33	5	5	5	6	2	1	1	1
70	35	34	33	34	4	4	6	4	1	2	1	2
75	36	35	34	35	3	4	4	3	1	1	2	2
80	36	37	36	36	2	2	3	2	2	1	1	2
85	37	38	37	38	2	1	2	1	1	1	1	1
90	36	37	35	36	2	1	2	2	2	2	3	2
95	35	36	34	35	2	2	3	2	3	2	3	3
100	34	33	34	34	3	3	2	2	3	4	4	4

表十 剥殼試驗測定 (含水率12.8~13.1%)

Table 10. Measurement of shelling test (misture 12.8~13.1%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	46	45	45	45	11	10	12	11	3	5	3	4
60	47	46	46	46	10	11	12	10	3	3	2	4
65	48	47	48	47	8	10	9	10	4	3	3	3
70	50	50	50	49	7	8	7	9	3	2	3	2
75	52	51	52	51	5	6	6	5	3	3	2	3
80	53	54	54	53	4	3	4	4	3	3	2	3
85	55	55	54	55	3	2	3	3	2	3	3	2
90	53	54	53	54	3	3	4	3	4	3	3	4
95	52	53	52	52	4	3	4	3	4	4	4	5
100	50	51	50	51	4	4	4	3	5	5	6	6

表十一 剥殼試驗 (含水率13.2~13.5%)

Table 11. Measurement of shelling test (moisture 13.2~13.5%)

剥殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剥殼粒數 (個)				不完全剥殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	46	45	45	46	10	11	12	10	4	4	3	3
60	47	47	46	47	10	9	11	10	3	4	3	3
65	48	48	47	48	9	9	9	8	3	3	4	4
70	50	49	50	50	7	8	7	6	3	3	3	4
75	52	51	52	52	6	6	5	6	2	3	3	2
80	54	53	54	54	4	5	4	3	2	2	2	3
85	55	55	55	55	3	2	3	3	2	3	2	2
90	53	53	54	54	3	4	3	3	4	3	3	3
95	52	53	53	53	4	3	3	4	4	4	4	3
100	50	51	51	51	4	4	3	4	6	5	6	5

表十二 剝殼試驗 (含水率13.6~13.9%)

Table 12. Measurement of shelling test (moisture 13.6~13.9%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	46	45	45	46	9	11	10	10	5	4	5	4
60	46	47	47	46	10	10	9	10	4	3	4	4
65	48	47	48	47	9	9	8	9	3	4	3	4
70	50	49	50	48	7	8	7	8	3	3	3	4
75	52	51	52	51	5	6	5	6	3	3	3	3
80	54	53	54	53	4	5	3	4	2	2	3	3
85	55	54	55	55	3	3	3	3	2	3	2	2
90	53	53	54	54	3	4	3	3	4	3	3	3
95	52	52	53	53	4	4	3	4	4	4	4	3
100	51	50	51	51	4	4	4	3	5	6	5	6

表十三 剝殼試驗 (含水率14.0~14.3%)

Table 13. Measurement of shelling test (moisture 14.0~14.3%)

剝殼情形 處理別 剪切轉子轉速 r.p.m	完全剝殼粒數 (個)				不完全剝殼粒數 (個)				果粒黏着碎殼粒數 (個)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
55	45	46	45	45	10	9	11	10	5	5	4	5
60	46	47	46	47	9	8	10	9	5	5	4	4
65	47	48	48	47	9	8	9	9	4	4	3	4
70	49	50	49	49	8	7	7	8	3	3	4	3
75	51	52	51	52	6	5	6	6	3	3	4	2
80	53	53	54	54	4	5	3	4	3	2	3	2
85	56	55	55	55	3	2	3	2	2	3	2	2
90	53	54	54	53	3	4	3	4	4	3	3	3
95	52	53	52	53	4	3	3	4	4	4	5	3
100	51	51	50	51	4	4	4	3	5	5	6	6

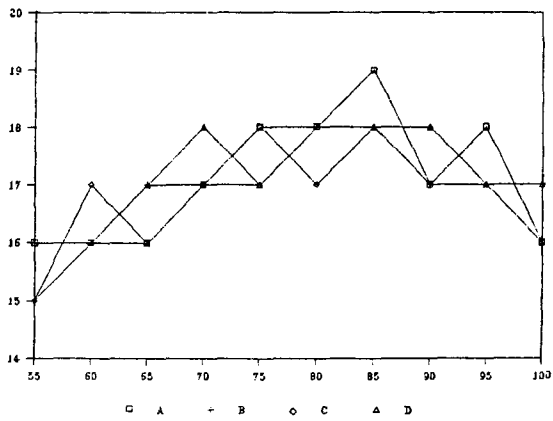
將試驗數據輸入電腦，經處理結果如下列各圖，其中圖十二~十五，為取樣20個，圖十六~十九為取樣40個，圖二十~二十三，為取樣60個。

由表二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三的結果得知龍眼乾含水率14.0~14.3%時剝殼效果較佳，當剪切轉子轉速低時，不完全剝殼的果粒數目較多，但碎殼黏附在果粒上的數目較少，轉速高時，不完全剝殼的果粒顯著減少，而黏附在果粒的數目顯著增加，且果粒損傷率也

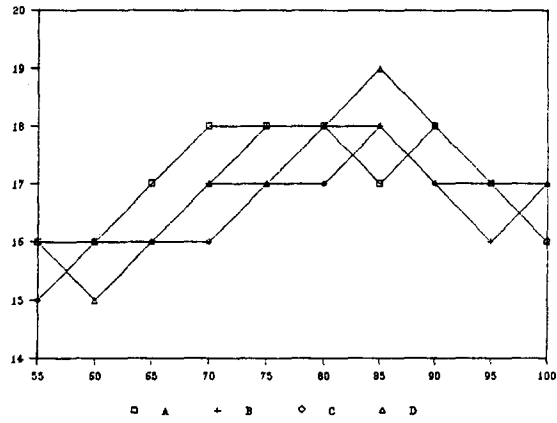
較高，剪切轉子的轉速在85 rpm 時，剝殼的情況最為理想，其剝殼效率約為90%。

四、剝殼機作業量之測定：

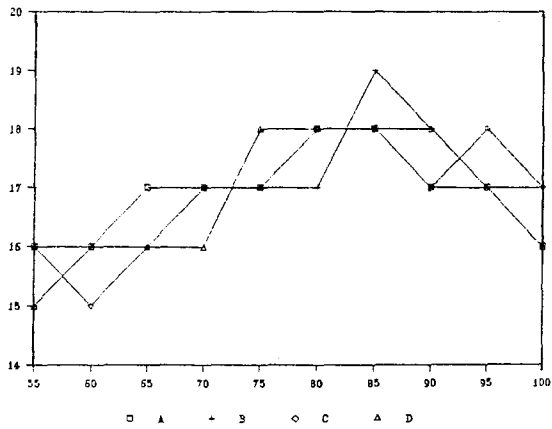
根據龍眼加工資料調查，以人工剝殼每人每小時的作業量約為3公斤，而使用剝殼機之作業量，可由(30)公式計算獲得，如剪切轉子長度為30公分，龍眼乾直徑為2公分，剪切轉子的轉速為85rpm，L形溝槽數目為4，則剝殼之機作業量為：



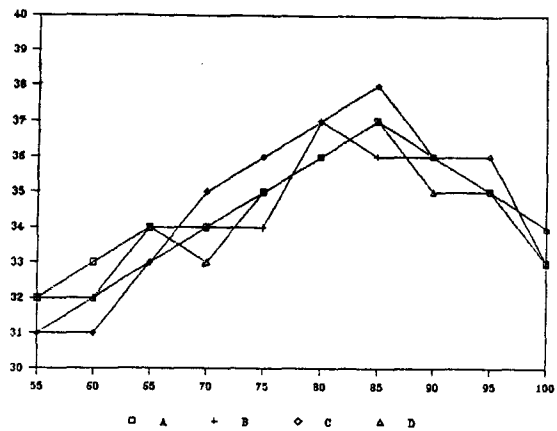
圖十二 剝殼試驗含水率 12.8~13.1%



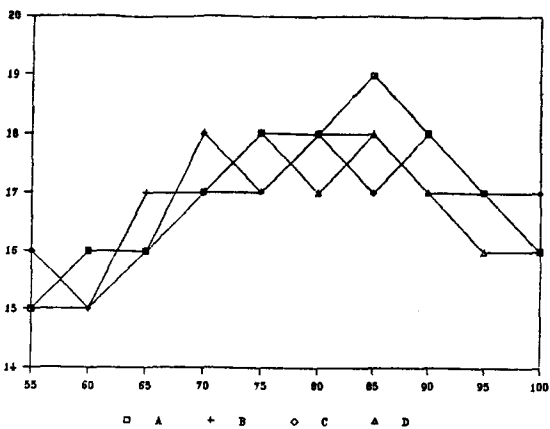
圖十五 剝殼試驗含水率 14.0~14.3%



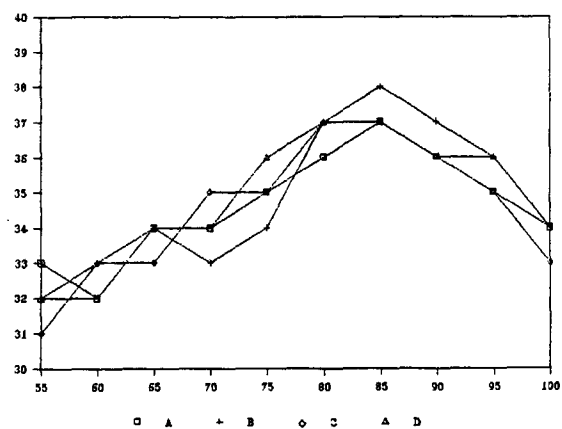
圖十三 剝殼試驗含水率 13.2~13.5%



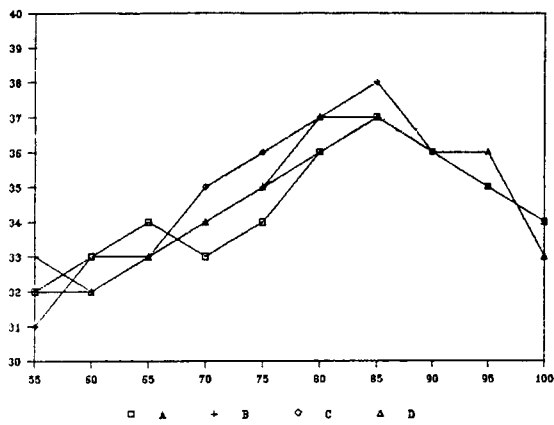
圖十六 剝殼試驗含水率 12.8~13.1%



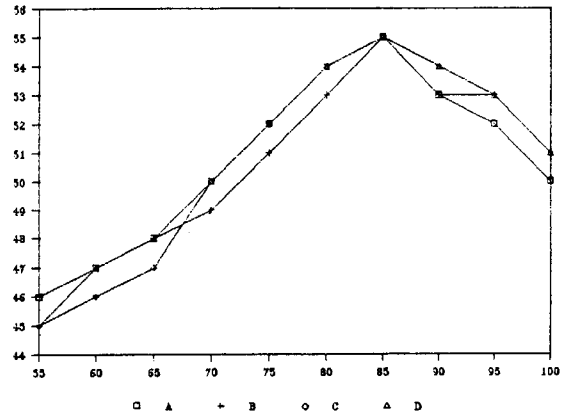
圖十四 剝殼試驗含水率 13.6~13.9%



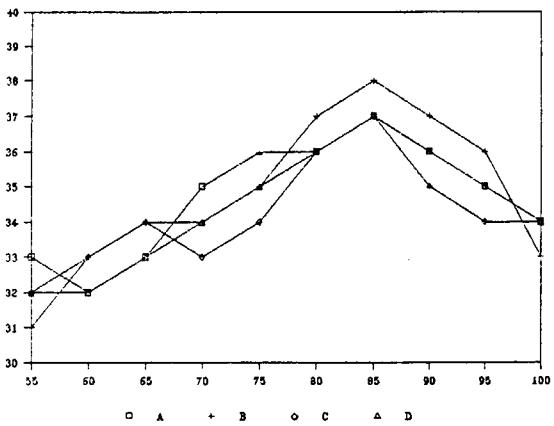
圖十七 剝殼試驗含水率 13.2~13.5%



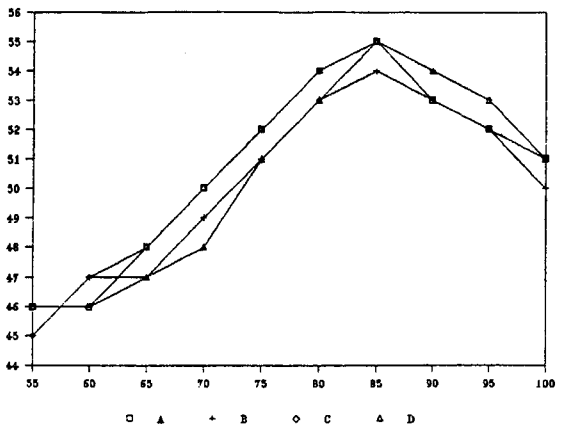
圖十八 剝殼試驗含水率 13.6~13.9%



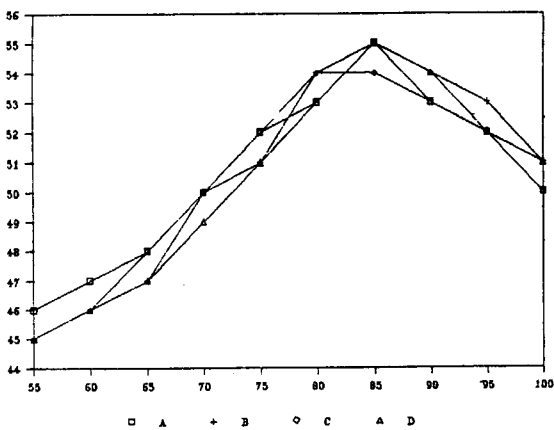
圖二十一 剝殼試驗含水率 13.2~13.5%



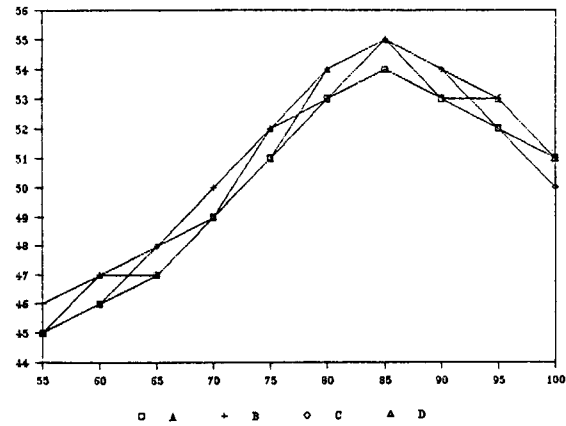
圖十九 剝殼試驗含水率 14.0~14.3%



圖二十二 剝殼試驗含水率 13.6~13.9%



圖二十 剝殼試驗含水率 12.8~13.1%



圖二十三 剝殼試驗含水率 14.0~14.3%

$$C = \frac{30 \times 85 \times 4 \times 60}{2} = 30600 \text{個/小時}$$

如以直徑 2 公分的龍眼乾量測，每公斤龍眼乾約為 260 個，換算為剝殼機每小時的作業量約為 117.7 公斤，由上面的數據顯示，剝殼機每小時的作業量為人工剝殼的 39.2 倍。

結 論

研製龍眼加工機械，可改善龍眼乾肉之加工方法，提高產品的衛生標準，增加工作效率，減少產地勞力之需求，降低生產成本，其結論如下：

1. 用來加工成為龍眼乾肉的龍眼乾，其含水量以 14~14.3% 為佳，而以市場直接銷售的龍眼乾，其含水量以 13% 較為適宜。

2. 剪切刀片與剪切轉子之間隙，以 0.9 公分，剪切龍眼乾，較為省力，其平均剪切長度為 21 公分。

3. 剪切轉子的轉速在 85 rpm 時，龍眼乾剝殼的情況最為理想，其剝殼效率約為 90%。

4. 剪切轉子的長度為 30 公分，龍眼乾直徑為 2 公分，剪切轉子的轉速為 85 rpm，L 形溝槽數目為 4 時，剝殼機單位時間之作業量為 117.7 公斤，約人工剝殼的 39.2 倍。

謝 誌

本研究的完成，承蒙本科鮑主任其美教授指導，謹申謝忱，試驗期間，又蒙本科楊仁崗、陳添福老師及簡進益、李石通、吳登港、王才生、張益彥、陳延錫等同學熱心協助，謹一併致由衷之謝忱。

參 考 文 獻

1. 周宗武 (1981) 農業機械學，科技圖書公司，臺北，p. 209~220。
2. 關昌揚 (1975) 農業機械實驗，徐氏基金會，臺北，p. 367~385。
3. 張兆豐 (1980) 機械設計圖表便覽，臺隆書局，臺北，訂正四版，10-16~10-20，16a-9~16a-19。
4. 張兆豐 (1978) 機械設計製圖要覽，臺隆書局，臺北，p. 8-225~8-228。
5. 林慶福 (1988) 龍眼加工機械之試驗研究——剝殼機之研製，嘉義農專學報第十七期，p. 195~215。
6. 盛中德、彭錦樵 (1987) 落花生剝殼機械之研究，中國農業工程學會學術研討會田間作業及農

產加工機械之研究論文集，p. 99~114。

7. 謝欽城、陳光輝 (1987) 毛豆選別機之研究——篩網傾斜角，不合格豆夾混合比與選別效率之關係，中國農業工程學報，Vo. 33 No. 2. p. 78~88。

8. 謝欽城、陳光輝 (1987)，毛豆選別分級機之研究——風選機之研究，七十五年農機研究發展與示範推廣報告，農林廳，p. 80~84。

9. 臺灣省政府農林廳 (1988) 臺灣農業年報，p. 116。

10. 盧福明 (1986) 農產加工工程學，國立編譯館，臺北，p. 58~64。

11. 廖敏卿 (1985) 臺灣水果集，淑馨出版社，臺北，p. 47~49。

12. 湛克終 (1973) 臺灣果樹栽培法，臺灣商務印書館，臺北，p. 143~145。

13. 張澤厚 (1976) 機械設計，徐氏基金會，臺北，p. 138~150、p. 459~486。

14. 葉朝蒼 (1977) 送風機壓縮機，正言出版社，臺南，p. 6~28。

15. 蕭旭烈 (1984) 機械設計演習，正言出版社，臺南，p. 192~194。

16. 曹培熙、駱劍秋 (1985) 基礎物理學，曉園出版社，臺北，p. 261~270、p. 275~301、p. 333~360。

17. 農業機械學會 (1984) 農業機械ハンドブック，東京，新版第一版 p. 707~715。

18. 川村登等 (1985) 農產機械學，永文堂，東京，第三版，p. 7~18。

19. 江崎春雄 (1967) バイндаとコンバイン，農業圖書株式會社，東京，p. 371~376。

20. 江崎春雄、屋代幹雄 (1985) 落花生剝殼機性能改進之研究，農業機械學會誌，Vol. 47 No. 1 p. 35~41。

21. ASAE standards (1987) American society of Agricultural Engineers, p. 346~347。

22. Gere. Timoshenko (1984) Mechanics of Materials, 臺北，歐亞書局，Second Edition, p. 179~200。

23. Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr. (1984) Vector Mechanics for Engineers (Dynamics), the Tan Chang Book Company Taipei, Fourth Edition, p. 456~457。

24. Klenin, Popov SAKUN (1986) Agricultural Machines, Printers Privat Limited Ne Delhi, Printed in India at Rekha, p. 400~429。

25. Kepner, Bainer (1982) Principle of Farm Machinery, 曉園出版社，臺北，Third Edition, p. 416~420。