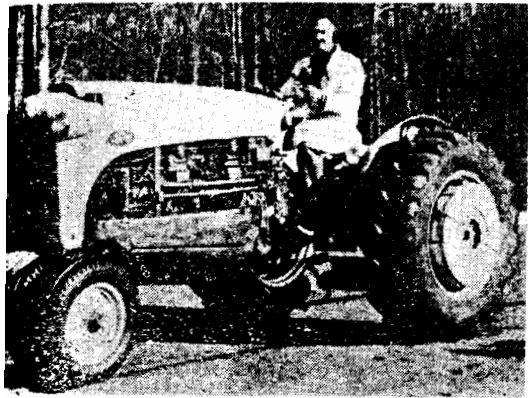


自由活塞氣輪機和農業曳引機

孫 葆 鈺

地面車輛和航空噴射飛機一樣，將來總有一天考慮採用氣輪發動機 (Gas Turbine) 來作他的動力。目前這項研究和實驗工作正在多方進行，離成功之路當不在遠。

為減低氣輪機的工作溫度，以減少製造困難的自由活塞氣輪發動機 (Free Piston Gas Turbine) 在工業上的應用已屢有聞；福特汽車公司曳引機農具部製造的實驗颱風型農業曳引機 (Typhoon tractor)，則為採用自由活塞氣輪機的第一個車輛。據切實實驗報導，性能極為優越，現在仍在繼續實地試驗之中。



第一圖 福特公司的實驗颱風型曳引機

第一表

颱風型曳引機發動機規格摘要

種類：自由活塞氣輪組合發動機，二行程柴油循環
氣化器

汽缸數：一個內有二個相向自由活塞的臥式汽缸
汽缸尺寸：

汽缸直徑	3.75 英寸
有效行程	4.2 英寸
壓縮比	15 比 1

氣體溫度：

在點火時	1000F (最高)
在氣輪機進口	940—960F (最高)
在氣輪機排氣口	750F (最高)

壓力：

在空氣室進口	22—40磅/平方英寸
--------	-------------

在儲氣罐 16—27磅/平方英寸

在氣輪機 15—25磅/平方英寸

氣輪轉速對後軸車輪轉速 (第一速) 比5600 : 1
起動循環：在回彈汽缸中造成真空，將活塞吸動至最外端位置；按起動開關，送壓縮空氣進入回彈汽缸。

颱風型曳引機較福特公司同型曳引機為大，發動機頂蓋上有一個大進風環，供結發動機的需要空氣，另有二個延伸到頂蓋上的小煙囪，引導氣輪機排出氣體進入空氣之中。

颱風型曳引機的自由活塞氣輪發動機能產生 100 馬力，在實際農耕工作中只須動用此數的一半。根據福特工程師們的意見，此發動機具有以下若干極為顯明的優點，即燃料經濟極為優越；由於轉動機件的缺少，發動機內部的摩擦損失大為減少；並由於發動機構造在本質上是平衡的，震動在實質上已完全減除。

儀表位在駕駛盤直接前方，其中有若干普通曳引機上所沒有的溫度計，壓力計及轉速計。進風大小控制桿及變速選擇桿則在發動機頂蓋對面的駕駛盤附近。

氣輪機動力經過 10 前速及 2 倒速的動力傳動變速箱傳遞到後軸。這個傳動箱亦是實驗性質的創製，齒輪速度經由變速選擇桿操縱變換，換速時並毋須經過停轉，鬆離合器等手續，曳引機後面附掛農具，可在任何預選速度開始增加負荷。變速選擇桿有一停車位置，是經過傳動變速箱的內掣動器的作用使曳引機停止。

自由活塞氣輪機的工作原理

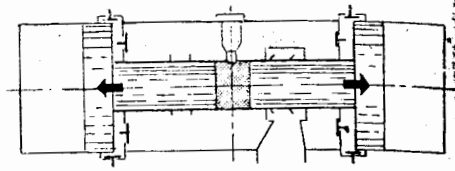
颱風型曳引機的自由活塞氣輪機的內部機構如第二圖斷面圖。發動機的氣化器 (Gasifier) 實際即等於一個包含壓縮行程及動力行程的二行程發動機。第一圖右下角附圖為氣輪的斷面圖。

圖中 (1) 為燃燒汽缸，(2) 為汽缸內的燃料噴入嘴，汽缸四周在全長度中均有循環水冷却。

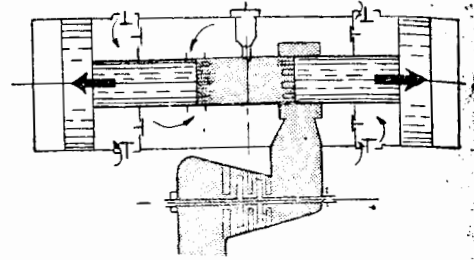
(3) 為進氣口，(4) 為排氣口。二個自由活塞，(5) 的動作，由齒條齒輪組合機構 (6) 聯動，因

之二個活塞能在同時向內或向外等距移動。燃料噴射泵 (7) 由齒條之一上面的凸輪傳動。二個自由活塞係套在固定架 (8) 外周，並以之作為支架在其上移動，中間並有機油冷卻及潤滑。圖上的活塞位置，是他的最外端位置，已將回彈汽缸 (9) 內的空氣壓縮。此被壓縮的空氣，即具有與彈簧相同的功用，能將活塞向燃燒缸中間彈回。

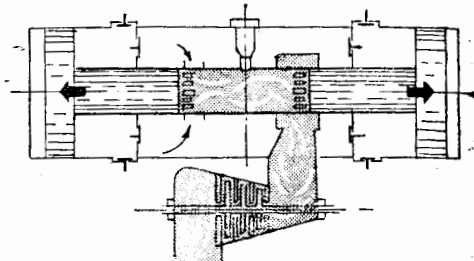
在活塞向燃燒汽缸彈回即壓縮行程中，壓縮汽缸 (10) 中的空氣經過活門 (11) 進入空氣室 (12)。到達壓縮行程的頂點，包含在燃燒汽缸內的空氣被壓縮到達極高溫度，當燃料射入汽缸時立即引起爆炸，開始動力行程，活塞為膨脹的燃燒氣體推動向外離開。在活塞接近向外行動的頂點時，先露出排氣口，汽缸內大部分燃燒氣體經由排氣口進入排氣管 (13)；其次露出進氣口，空氣室中的空氣即導入汽缸之內。



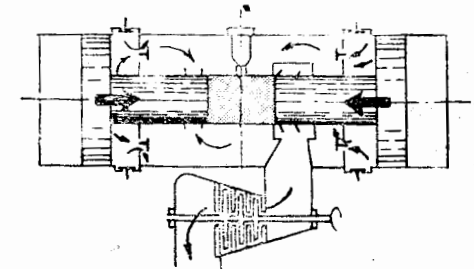
在活塞到達內向行程的頂點時，燃料即注射進入燃燒汽缸內，發生爆炸，開始動力行程。



動力行程開始後，回彈汽缸內的空氣被壓縮，同時壓縮汽缸的進氣門開啓，空氣自外面進入。

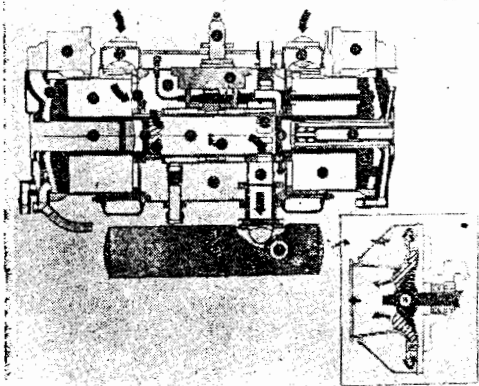


到達外向行程的頂點，進排氣口同時開啓，燃燒氣體經由排氣管，儲氣罐進入汽輪機。空氣室的壓縮空氣進入燃燒汽缸內將燃燒氣體驅盡。

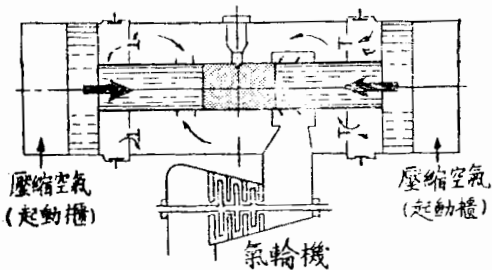


回彈汽缸內壓縮空氣發生作用，開始新的循環。

第三圖 自由活塞氣輪機的五個工作循環，將其餘燃燒氣體全部驅入儲氣罐 (14) 並隨同進入儲氣罐中與高熱氣體混合。在活塞向外行程的同時，再將回彈氣缸中的空氣壓縮，俟動力行程完畢此壓縮空氣回彈活塞，再重複壓縮行程。儲氣罐中



第二圖 自由活塞氣輪機的縱向剖面圖，顯示氧化器和氣輪機的關係。



起動櫃內的壓縮空氣進入回彈汽缸內，發動此發動機。當活塞向內移動時，遮沒排氣口，一方面壓縮燃燒汽缸內的空氣，同時壓送空氣室。

經沖淡的高熱氣體，經過開口(15)進入氣輪機的葉輪(16)。葉輪迴轉即產生供給曳引機工作的動力。

當燃料燃燒活塞向外離開的同時，外面空氣經過碟門及活門(17)，進入壓縮汽缸內。

在起動時由一個圖上未顯示出來的真空泵吸出回彈汽缸中的空氣，將活塞拉回至如圖的位置。起動櫃(18)內具有足量的壓縮空氣，進入回彈汽缸再將活塞回彈，完成第一次壓縮行程。

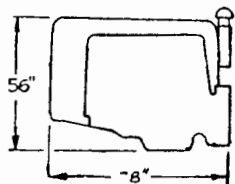
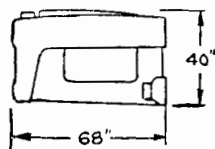
第三圖示此自由活塞氣輪機往復循環的五個工作步驟。

自由活機氣輪和柴油發動機

自由活塞氣輪機具有和柴油發動機相等或最佳的燃料經濟，兼有汽油發動機的適應性和伸縮性，可望成爲農業曳引機的理想發動機。在大多數同樣大小柴油發動機中所必須的附屬起動用發動機，在此機中可以省去，且適適用燃料種類更爲廣泛，扭力特性(Torque Characteristic)極爲理想。後特性，尤關重要。

重量—1125磅

重量 最輕—1165磅
最重—3100磅



自由活塞氣輪機的動力裝置

柴油發動機的動力裝置 (75-100HP)

第四圖：從自由活塞氣輪機和柴油發動機的比較，顯示自由活塞氣輪機在外型大小和重量方面均勝過相同馬力的柴油發動機。

自由活塞氣輪機的大小和重量對馬力的比數，於曳引機和工業動工上使用極爲合宜。第四圖示颱風型曳引機的發動機和其他相同馬力柴油發動機重量和大的比較，圖中所採樣的柴油發動機，爲包括所有附件在內的工業用途柴油發動機。

在曳引機中需要一個長而低矮的發動機，自由活塞氣輪機極合這一條件，因之在曳引機上的位置佈置和按裝更爲方便。氧化器長36英寸，寬16英寸，爲自由活塞氣輪機大小的主要決定因素。

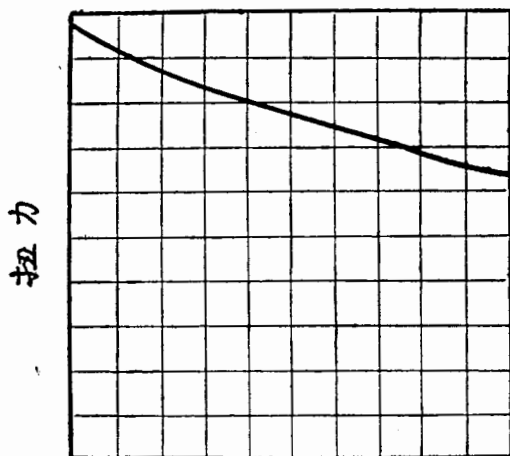
自由活塞氣輪機包括所有附件及補助齒輪箱在

內，較相同 100馬力的最輕柴油發動機要輕40磅，最重的柴油發動機要輕1975磅。

今日的農業曳引機有增加採用柴油發動機，特別是大型柴油發動機的趨勢。柴油發動機在工業上使用的優點爲他的燃料經濟和扭力特性，而自由活塞氣輪機在這些方面的均足與柴油發動機立於競爭的地位。據初步實驗報告，自由活塞氣輪機在燃料經濟上等於或超過柴油發動機，並可適用多種炭氫燃料，在未來的發展中，重要性更比柴油發動機爲高。

扭力曲線

在過去爲求得往復發動機的更平坦特性曲線，曾經有過許多設計和發展，而其結果迄未能達到像第五圖颱風型自用活塞氣輪機的扭力曲線。曳引機在實際農耕中所遭遇的載荷阻力，極不一致；因之如上圖特性曲線極爲重要，並且成爲自由活塞氣輪機勝過其他傳統舊有發動機的最大優點。



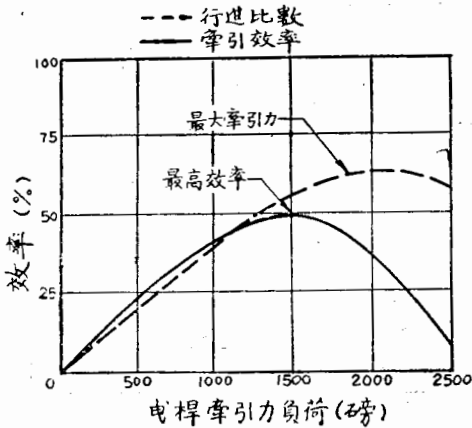
發動機 RPM.

第五圖 自由活塞氣輪機具有平坦的扭力特性曲線。

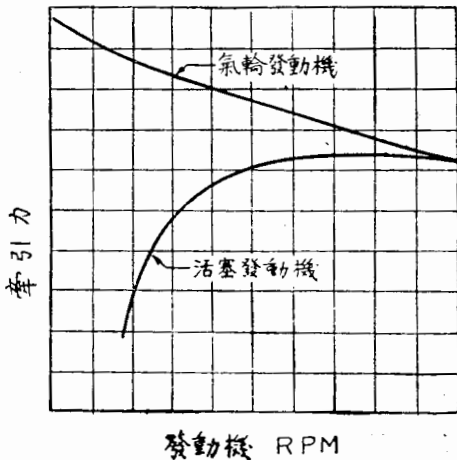
曳引機要在接近尖峯牽引負荷下工作，才能求得他的最佳燃料經濟；並且只有通過曳桿到達農具部份的發動機馬力，才真真轉變成爲有用工作。曳引機馬力的二個最大損失是曳引機的滾轉抵抗以及傳動車輪的滑動。曳引機的滾轉抵抗和他的牽引力負荷大小無關，實際是相同的，而由傳動車輪滑動所生的馬力損失，則當牽引力負荷過大時增加甚速。反之若牽引力負荷甚小。由滾轉抵抗所生的馬力

損失要佔發動機總出力一個很大的百分比。最大效率必須在這二者之間去尋求適當的平衡。從實驗中顯示，當曳引機車輪本身重量極大，並在75—80%最大牽引力負荷情況下，可獲得最高牽引效率。第六圖即說明這一情形。

若耘土和農具的負荷狀況維持不變，則上述曳引機的80%牽引力負荷是很容易維持的。但是大多數的農耕情形下，並不能完全如此。一般若曳引機的牽引力狀況良好；並又在他的最有效負荷下工作，繼續增加牽引負荷會減低發動機速度。速度減低



第六圖 從實驗中證明，當曳引機車輪極重，並在75-80%最大牽引力下工作時，可獲得最高牽引效率。



第七圖 氣輪發動機和活塞發動機相反，當發動機速度減低，牽引力反而增加。

到一定程度，沿發動機特能由線下坡部分繼續下降，則最後不是轉換齒輪變減低地面行駛速度，便

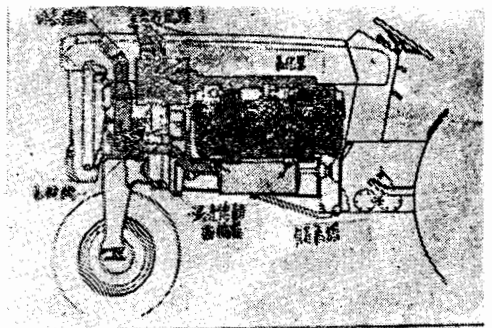
是發動機不勝負荷而停轉。普通減低地面行駛速度，並不能補救減低後輪所產生的扭力。

第七圖為氣輪機和傳統活塞發動機在曳引機上應用的二種性能曲線。為便於比較，發動機的扭力已換算成爲在後輪產生的牽引力。從圖中可以看出氣輪發動機的轉速減低時，牽引力反而增加，因此在大多數實際應用中，氣輪機增加的牽引力能使曳引機在增加負荷條件下，仍能繼續工作，即使不減低行駛速度，發動機而無停轉之虞。

自由活塞氣輪機製造成本，尚未完全確定，曳引機生產的要點是要用小量的工具投資而能製造多種大小不同的型式。氣輪機在這方面的條件是有利的。颱風型氣輪機的氣化器可利用產生50-150匹馬力只要變更少數設計，從相同機件或同一工具產生機件中，即可組成各種大小型式的氣輪發動機，這種方法能使各種大小的曳引機，在合於經濟的條件下同時生產。

三輪曳引機

自由活塞氣輪機選擇如第一圖的三輪曳引機來作實驗，具有二個基本原因。第一是此曳引機容易及適於安裝自由活塞發動機，第二是此曳引機可以配裝多種農耕附機。



第八圖 颱風型曳引機的動力裝置及其附屬機件。

第三表

颱風型曳引機規格摘要

種類	雙前輪三輪曳引機	
尺寸		
	全長	141 英寸
	全高	70 英寸
	輪距	99 英寸
重量	量：4200 磅	

傳動：傳動箱10前速，2倒速

去力箱：獨立

後輪輪胎：13×30

前輪輪胎：5.50×16

牽動馬力：50（約數）

儀 表：氣化循環/分鐘 氣輪機回轉數/分鐘

氣輪進口壓力 燃料壓力

水及機油進口溫度 潤滑指示燈

電瓶充電表 機油壓力表

附 件：（氣輪機傳動）散熱器冷卻風扇，水泵，發電機，機油泵（冷部潤滑及液壓系統用），燃料泵，轉速表。

後一事實使自由活塞氣輪機能在各式各樣的農耕工作中尋求試驗效果，尤為三輪曳引機選用的主要目的。

在製造颱風型曳引機時採用了許多標溝曳引機零件，並由於自由活塞氣輪機具有較大馬力容量，此曳引機製造的外型較其他福特公司曳引機為大。後胎輪尺寸已予以加大，動力傳動箱並保有使曳引機可隨時與負荷保持連結的動力變換特性。

第八圖示曳引機的氣化器、氣輪機、齒輪箱及其他附件位置情形。曳引機的規格摘要如第二表。

氣輪機和他的附屬機件

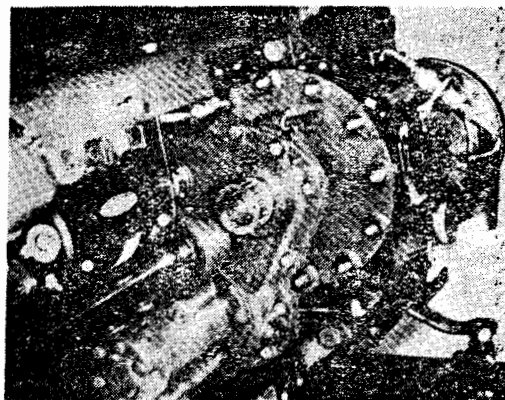
颱風型曳引機的動力部門包含一個 5 1/2 英寸的氣輪及一組 7.17 減速齒輪，以下並裝裝調速器，附件齒輪箱，機油泵等附屬機件。動力氣輪上原有的機油冷卻器已移裝至曳引機的散熱器上。散熱器上尚有第二個冷卻氣化器燃油的燃油冷卻器。

第九圖示動力氣輪及曳引機附件傳動齒輪箱連結情形，附件齒輪箱的減速齒比為 3/4，故氣輪與主傳動軸間的總齒比為 21.5。氣輪的標準轉速每分鐘為 43,000 轉，主傳動軸的轉速減為每分鐘 2,000 轉。

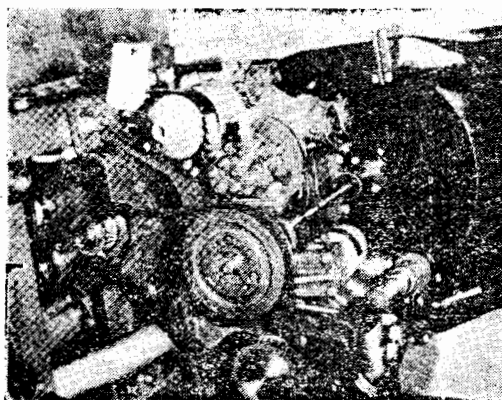
附件傳動齒箱傳動氣化器的廢氣清除泵、機油泵、液壓系統油泵以及圖上未顯示出來的發電機及

按裝在傳動齒輪箱上方 V 形皮帶輪傳動各附件。

自由活塞氣輪機的空氣消費量為相同馬力柴油發動機的二倍至三倍。空氣濾清器用六個直徑 8 英寸厚 2 英寸的空氣濾紙所組成，空氣則由曳引機前端發動機頂蓋上的大進風環上吸入。



第十圖 與氣輪機連結傳動齒輪傳動的發電機及曳引機液壓系統油泵



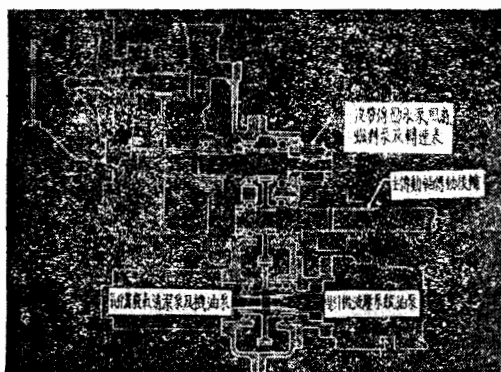
第十一圖 附件齒輪傳動箱上用皮帶帶動的水泵、燃料泵及轉速表。

自由活塞氣輪機的另一重要附件為始動氣化器用的高壓空氣起動櫃，按裝在發動機頂蓋下面燃料箱附近。

颱風型曳引機的自由活塞氣輪機和他的動力附件，至今天為止試驗甚為滿意。整個發動機的轉速極為平穩，實際上等於沒有震動。因為排氣聲響本來甚低，毋須用消聲器。在怠速時尚可以察覺到葉輪的低小轉動風聲，到達工作速度時則完全被隱去。隨着試驗進行發現的缺點，已作許多修正及改進。就已有的成果來看，正式生產當不在遠。

本文取材於下列參考資料

1. S.A.E. Journal, August, 1957 (vol. 65, No.9) P.27. Robert L. Erwin 著 "Why the Free Piston-Engine may Invade the Farm"



第九圖 動力氣輪及其附件齒輪箱。

自動轉向油泵，均經由主傳動軸上齒輪連接傳動，其他風扇、水泵、燃料泵及轉速表，則由附件傳動齒輪箱上軸上的皮帶傳動。第十圖示傳動齒輪箱與曳引機液壓系統油泵及發電機的位置。第十一圖示

2. Product Engineering, July, 1957. P.157. ...
 "Free Piston Turbine Engine Tractor"
 3. Automotive Industries, April. 1, 1957.

P.54 "Experimental Tractor Has Free
 piston Engine"

承辦：土木建築水利工程

華隆營造廠

經理 李棟材

廠址 彰化市長壽街二二號
 電話 七 六 號

花生脫莢用機具之研究及推廣 (要摘) 楊景文

Developing and Extending The Tread Type Peanut Threshing Machine

台灣之花生收穫，過去都用人工，每公頃需要50工左右，依土質、土壤水分及花生之生育狀態而所要工數不同。

一 花生的收穫工作，可以分爲如下：

1. 使花生莢自土中上昇到地上。
2. 自花生株摘下花生莢。
3. 把混在花生莢中間的土砂，莖葉及未熟莢清除。

二 現在計劃使用於這農具的動力爲人力兩人以下，兩個人的平均馬力只有0.14—0.2馬力，因此不能同時做很多工作，上述三項工作中，一般地說，以第2項工作費工較多，普通爲每公頃32工左右，所以決定先把該項工作機械化，若有餘力才同時做第3項及第1項工作。

三 個人可以想得到的摘下花生莢之方法有下述數種：

1. 拔取法。
2. 拖花生越過鐵絲上，使莢脫落之方法。
3. 衝擊法：打花生於其他物體上，使莢脫落。
4. 打擊法：以打擊齒來打落花生莢。

5. 振落法：給花生以強烈振動，以振落花生莢。
6. 利用流體（尤其是空氣）之動能，來脫落花生之方法。

7. 先把花生莖葉自地面處除掉，然後從土砂中篩出花生莢來。

前四項經實驗後，認爲第4項方法的效能最好，費力較少，而脫落莢也較完整乾淨，第5至第7的方法，認爲將來可繼續研究更歡迎有人去研究。

四 花生莢脫落的性質及夾雜物之多少可依下述因素而異。

1. 花生的品種。
2. 栽培地土質及土壤水分。
3. 花生的成熟度。
4. 花生的生育狀態。
5. 花生罹病蟲害之狀態。
6. 脫莢之方法及技術。
7. 花生拔起後時間的久暫。

五 花生的脫落性質如下：

1. 花生莢和子房柄之相接處有一離層（暫稱爲A離層），另在子房柄和莖之相接處也有一離層（暫