

甘藍收穫機之設計

Design of a Cabbage Harvester

國立臺灣大學農機研究所碩士

國立臺灣大學農機系教授

鍾 侑 達

張 森 富

Yu-Ta Chung

Sen-Fuh Chang

摘 要

本研究主要是進行犁頭式甘藍收穫機各機構理論分析與機械整合設計，完成機械製造圖並研製甘藍收穫雛形機。

此雛形機包括：1)犁頭式收集切割機構，2)提昇輸送機構，3)壓頂輸送機構，4)二次切割機構，5)動力傳動系統。

進一步之研究應加強甘藍切割高度（葉莖部厚）與切割寬度關係的探討，並且進行甘藍收穫雛形機的田間試驗與收穫機的改良工作，以期適應本省之條件。

ABSTRACT

The main objective of this study is to design a cabbage harvester which can be attached to a tractor for local uses. The major workload includes: theoretical analysis of mechanisms, integration design, completion of manufacturing drawings, and making a prototype cabbage harvester.

The prototype harvester consists of:

1. Collecting and first-cutting mechanism,
2. Conveying and elevating mechanism,
3. Top holding and conveying mechanism,
4. Second-cutting mechanism, and
5. Power transmission.

Further studies should concentrate on investigations of cutting height and width relationships and conducting field tests of the prototype harvester for future modifications to fit local conditions.

一、前 言

我國從1986年起開始從事犁頭式甘藍收穫機的開發工作，至今已邁入第五個年頭。在過去四年裏，本研究由魏等人 [1, 3, 9] 已完成了甘藍物性基

本資料調查、收集切割機構、提昇輸送機構及二次切割機構試驗，並且也證明了其可行性。如今本研究則是更進一步將前四年的試驗機加以整合，並配合殘葉清除及研擬卸料裝填辦法，以期發展出功能完整的甘藍收穫機，確實的解決甘藍收穫的問題

本研究是接續前四年甘藍收穫機的開發工作，主要目的是要完成犁頭式甘藍收穫機的整體設計，並製造一台甘藍收穫機之雛形機，以為後續之改良研究應用。

二、文獻探討

犁頭式甘藍收穫機的開發研究工作從1986年開始〔9〕，原型機設計圖完成於1987年〔1〕，經過1988年的改良〔3〕，1989年的二次切割機設計及試驗〔3〕，及1990年的修正設計以後，修正設計後的甘藍收穫機如圖1所示，機構包括：1)犁頭式收集切割機構；2)提昇輸送機構；3)壓頂輸送機構；4)二次切割機構；5)殘葉清除機構。主要尺寸如下：

- (1)收穫機長：1482mm
- (2)收穫機寬：1572mm
- (3)收穫機高：1327mm
- (4)壓頂輸送機構長：816mm
- (5)提昇輸送機構長：1358mm

今茲各機構功能說明如下：

1.犁頭式收集切割機構

犁頭式收集切割機構主要功能是将生長偏離行中心線之甘藍，導入犁頭中。犁頭長 524mm，開口距離 300mm，二犁頭中心距離 620mm。

2.提昇輸送機構

提昇輸送機構為六條重疊，二排並行且具有扶起爪（橡膠爪）之皮帶所組成。扶起爪長 7cm，輸送距離 1358mm，與地面成 45°，輸送速度 34.8cm/s。主要功能是将切下的甘藍往後處理部輸送。

3.壓頂輸送機構

壓頂輸送機構為具有傳動之壓頂皮帶輸送機。其功能有二：1)導正並擠壓甘藍，避免甘藍提昇輸送過程中造成旋轉的現象；2)甘藍送至二次切割機時，使甘藍底部確實貼緊切割平台。修正設計之壓頂輸送距離為 816mm。

4.二次切割機構

二次切割機構主要功能是将收集切割後之甘藍在二次切割時能有一切割參考平面，以利甘藍及其外苞葉的分離，並使二次切割後的甘藍能達上市販賣的要求。

二次切割機構是由一直徑 300mm之圓盤切刀及可調整之活動溝槽所組成。活動溝槽是考慮大小

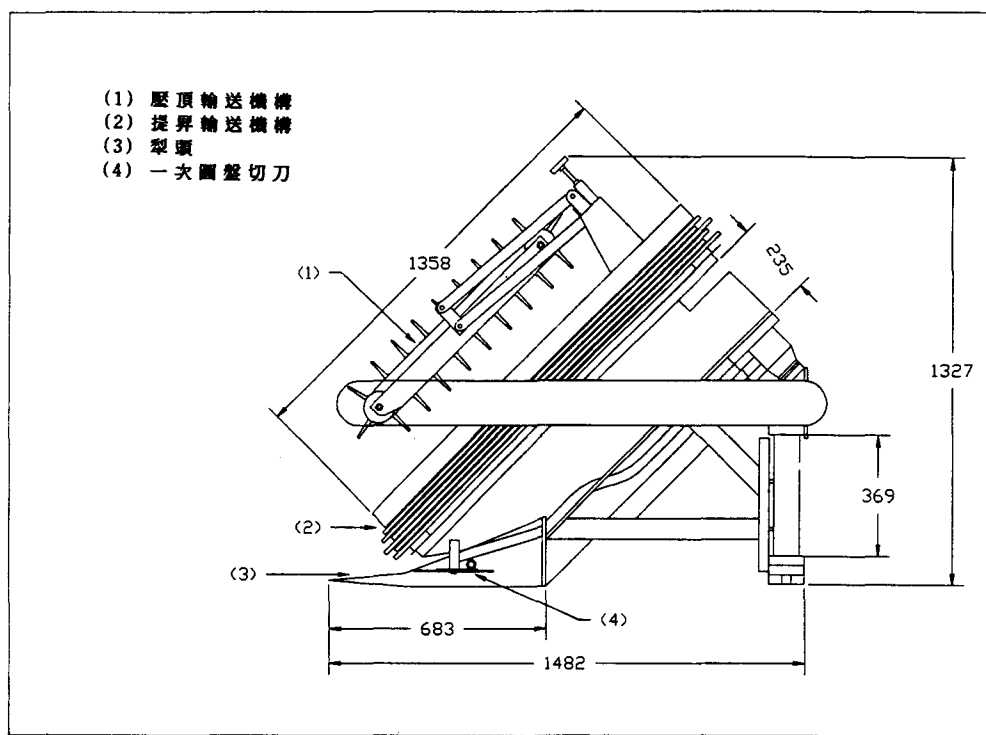


圖 1. 犁頭式甘藍收穫機修正機

不同之甘藍而設計。

5. 殘葉清除機構

殘葉清除機構是用來排除二次切割後位於切刀下方的甘藍殘葉，以避免殘葉累積而造成阻塞現象。殘清除機構是由一迴轉運動之偏心輪所組成。

三、甘藍收穫機整合設計與機構功能分析

機械設計的目的以實用為原則。為使設計出之收穫機有效的進行工作，因此在進行機械設計時即有必要對作物的各項物理性質加以研究，以明瞭作物各項物性參數對收穫機所造成的影響。在進行機械設計時，為提昇機械性能，我們可以根據作物物性資料分析所得，計算出95%的信賴區間，作為設計時的參考依據。

本研究之甘藍收穫機屬二行式曳引機附掛式作

業機具，主要構造分成犁頭式收集切割機構、提昇輸送機構、輸送平台、二次切割機構、壓頂輸送機構及殘葉清除單元。

表1所示為1987至1990年甘藍大小之物性調查資料，是為本甘藍收穫機設計時機構大小之參考依據。

(一) 犁頭式收集切割機構

犁頭式收集切割機構包含：犁頭、圓盤切刀及固定甘藍之扶起爪。主要功能是收集田間之甘藍，並將之從田間切起。

犁頭開口大小可由甘藍生長偏移量來決定，二犁頭的中心距離則由甘藍株直徑來探討，至於圓盤切刀大小則是依甘藍球徑而定。根據甘藍物性資料顯示*：

* 以下之甘藍物性資料為1987—1990年之平均值。

表 1. 甘藍大小比較

單位：cm

項 目	年 份	平 均	標 準 差	變 異 係 數	影 響 設 計 參 數
株 高	1987	20.22	0.44	2.18%	曳引機底盤高度
	1988	19.75	0.34	1.72%	
	1989	19.31	0.47	2.43%	
	1990	17.67	0.23	1.30%	
株 直 徑	1987	60.02	9.09	15.1%	收集器寬度、 圓盤鋸大小、 輸送皮帶間距
	1988	64.55	7.60	11.1%	
	1989	61.24	5.73	9.4%	
	1990	59.59	7.28	12.2%	
球 徑	1987	18.98	2.68	14.1%	輸送皮帶間距
	1988	19.43	2.14	11.0%	
	1989	18.58	1.65	8.9%	
	1990	18.25	3.17	17.4%	
球 高	1987	12.44	1.66	13.3%	壓頂高度
	1988	12.00	1.47	12.3%	
	1989	13.07	2.13	16.3%	
	1990	11.27	1.07	9.5%	
葉 莖 部 厚	1987	3.57	0.76	21.3%	二次切割高度
	1988	3.42	0.55	16.1%	
	1989	3.27	0.71	21.7%	
	1990	4.22	0.55	13.0%	
最 低 葉 片 離 地 高	1987	3.55	2.00	56.3%	犁頭離地高度
	1988	2.54	1.72	67.7%	
	1989	2.51	1.42	56.6%	
	1990	2.90	1.44	49.7%	
偏 移 量	1988	3.75	7.49	199.7%	犁頭開口大小
	1989	1.08	6.78	627.7%	
	1990	1.15	7.77	675.6%	

甘藍球徑 $\approx 18.81\text{cm}$ ，標準差 $\approx 2.41\text{cm}$
 株直徑 $\approx 61.35\text{cm}$ ，標準差 $\approx 7.43\text{cm}$
 偏移距離 $\approx 1.993\text{cm}$ ，標準差 $\approx 7.35\text{cm}$
 為達95%的可信度，因此可設計：

95%信賴區間： $2 \times 1.96 \times \text{標準差}$

(1)犁頭開口大小

95%可信距離： $2 \times 1.96 \times 7.35 = 28.812$

選定犁頭開口大小為 30cm。

(2)二犁頭中心距

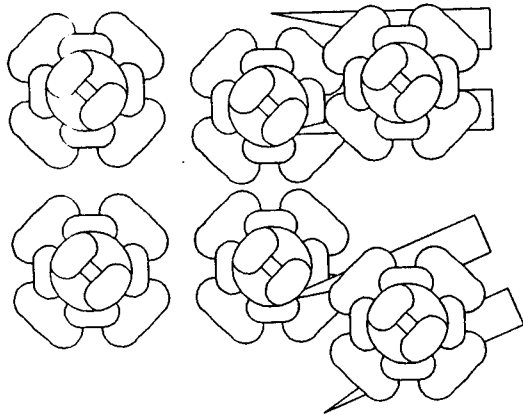
張(1989)指出：適合機械採收之甘藍種植規格甘藍種植行距為 50cm。但為了配合甘藍收穫機各機構的設計安排，目前將二犁頭的中心距從 62cm，縮小為 55cm。

(3)一次切割圓盤鋸直徑為 255cm。

從張(1989)對甘藍莖部結構的分析中得知，甘藍莖部纖維有木質化的現象，因此在選用圓盤切刀時應選用鋸木材用者為宜，目前選用刀緣焊有鎢鋼之圓盤鋸。

由於在田間作業時不易掌握甘藍的切割參考平面，故一次切割的主要目的是將田間的甘藍由其莖部切起，而後由二次切割機構提供切割參考平面，並負責將甘藍切至符合市場販賣的要求。

由過去的田間試驗發現設有自動導向之犁頭，當遇到偏移過大的甘藍被導入犁頭且尚未被切割時，此時犁頭若碰到下一個為生長正常的甘藍，如圖



對於偏移過大之甘藍，設有自動導向之犁頭反而成為刺傷甘藍或造成阻塞的重要原因。

圖 2、設有自動導向之犁頭，收集甘藍作業示意圖

2、設有自動導向之犁頭收集甘藍作業示意圖所示，則犁頭會因偏移的甘藍阻止犁頭回正而造成犁頭刺穿下一個甘藍，或者根本無法回復原來狀態而中止收穫的作業。因此設有自動導向的犁頭反而是造成刺傷甘藍或是阻塞的一個重大因素。故於本研究決定不採用有自動導向之犁頭。

因犁頭無自動導向的功能，故犁頭長度可不加考慮，且於田間作業時可將犁頭儘量放低，可使其微微貼地而行。在經犁頭收集後的甘藍於切割前必先予以固定，提昇輸送扶起爪往犁頭方向延伸恰可解決此問題。扶起爪往犁頭方向延伸需注意圓盤鋸不能鋸到扶起爪。因此在不鋸到扶起爪的範圍內扶起爪可儘量往犁頭方向延伸。

(二)提昇輸送機構

提昇輸送機構為一組六條重疊，二排並且具有向外突出之扶起爪(橡膠爪)皮帶所組成，扶起爪長 7cm，與地面成 45°。主要功能有二：

(1)連接犁頭式收集切割機構、二次切割機構，並將甘藍送至裝填單元。

(2)經犁頭收集切割後之甘藍在提昇輸送過程中，保證甘藍在送達二次切割機構時能達到正確的切割位置。

提昇輸送機構的間距可由甘藍球徑來決定。從甘藍物性資料得知：

甘藍平均球徑 $= 18.81\text{cm}$ ，標準差 $= 2.41\text{cm}$
 為得95%的可信度，所需提昇輸送間距應在：

$$\bar{X} - 1.96s < X < \bar{X} + 1.96s$$

$$\text{即 } 14.09 < X < 23.53$$

其中 \bar{X} ：甘藍球平均直徑

s ：甘藍直徑標準差

X ：提昇輸送間距

因提昇扶起爪為一軟性之橡膠爪，故為確實抓穩較小之甘藍，吾人選定扶起爪尖距離為 12cm。又扶起爪長度為 7cm，故皮帶間距可達 $12 + 2 \times 7 = 26\text{cm}$ 。如此藉着扶起爪的伸縮應可順利的輸送99.5%的甘藍。為使提昇輸送間距有較大的彈性，本機構寬度設計成可調。

(三)輸送平台

輸送平台為一中央具有溝槽的平台面，主要功用是提供提昇輸送機構的支撐，使甘藍坐於其上造成一輸送面。溝槽開口大小設計成可調，開口暫定 15.8cm [7]。

(四)壓頂輸送機構

壓頂輸送機構設計是根據修正後之犁頭式甘藍收穫機而來，為具有動力傳動的壓頂皮帶輸送機及具有長爪之皮帶所組成。因甘藍球高平均標準差為1.58cm，因此在95%的壓頂信賴長度為：

$$2 \times 1.96 \times 1.58 = 6.19$$

(四)二次切割機構

二次切割機構係由一圓盤切刀、切刀座及切割平台所組成。主要功能是造成二次切割參考平面，並分離甘藍球及其外苞葉。

切割平台提供二次切割參考平面，平台中央有一可調整的活動溝槽，溝槽寬度與輸送平台者相同，為輸送平台的延伸。主要目的是使甘藍坐於其上，以保持輸送切割時的穩定。切刀後緣的平台則無溝槽。

根據張(1989)的報告：切刀角度會影響切割效果。切刀角度太小，會使甘藍切割面與輸送平台產生一大的高度差，造成輸送阻塞；切刀角度太大，則使甘藍產生大弧度的切割面，造成切損傷。同時張也指出：適當的切刀角度在6—8°間。

然而，經由本研究整合設計後的甘藍收穫機在二次切割機構的設計並不同於張所設計的甘藍二次切割機。在張所設計的甘藍二次切割機中，可由切刀座來調整切刀角度。但本研究之二次切割機構二次切刀的設計是平行於切割平台，其切刀角度於零度，所以，為了避免張在其試驗報告中指出之切刀角度太小而造成輸送阻塞的現象，因此解決辦法乃是皮帶輪傳動二次切刀，藉着皮帶輪的轉動將二次切割後的殘葉排除於機體外，並且將二次切刀直徑加大為300mm，再加上壓頂輸送機構所提供向前的推力，如此即可避免二次切割後因切刀角度為零度所造成輸送阻塞的現象。

(五)殘葉清除單元

殘葉清除單元為清除二次切割後位於切刀下方之殘葉而設計。在修正設計中是以迴轉式的偏心輪來進行殘葉的清除動作，但為考慮到傳動及空間利用的問題，經研究結果是用皮帶輪來傳動二次切刀，希望藉着皮帶輪的轉動將二次切割後的殘葉帶離切刀軸心，並藉着重力作用排除於機體外。

(六)卸料裝填辦法

因甘藍菜為一佔體積之農作物，為考慮裝填容器容積的問題並且又要符合曳引機附掛作業的問題，因此在卸料裝填方面本研究決定採用分離作業，以農用搬運車作為卸料裝填單元。

四、傳動設計

機械傳動系統的功用是在連接並傳送機械各單元的動力使機械能真正的進行工作。在本甘藍收穫機動力傳動系統設計中共使用六個變速箱，圖3所示為犁頭式甘藍收穫機傳動系統簡圖，茲將各變速箱設計說明如下：

(一)主變速箱

曳PTO軸的輸出轉速為540rpm，如此的轉速並不足以用來傳動切刀。因此主變速箱的主要功用就是用來提高轉速並改變動力的傳動方向。主變速箱是用一對不同齒數的斜齒輪來進行變速及動力傳動方向的改變。連接PTO軸的為33齒的主動輪，並以18齒的從動輪將動力傳送到第二驅動齒輪箱。因此，經由主變速箱以後的轉速變成 $540 \times 33 / 18 = 990 \text{ rpm}$ 。

(二)第二驅動齒輪箱

第二驅動齒輪箱主要的功能是改變動力的傳動方向，並將動力傳到一次切刀變速箱，以便為收穫機各機構傳動作準備。第二驅動齒輪箱是由一對25齒的斜齒輪所組成，因此它只能改變動力傳動方向，無法改變轉速。

(三)一次切割變速箱

一次切割變速箱是由一對蝸輪(Worm gears)所組成。它是用來傳動一次切刀並連接二次切刀、提昇輸送皮帶輪及壓頂輸送皮帶輪。一次切割變速箱主要是以50齒的蝸輪來傳動10齒的蝸桿，然後再藉軟性連結器(割草機用鋼索)經過1.25倍的減速後傳到一次切刀，因此一次切刀的轉速為： $990 \times 50 / 10 / 1.25 = 3960 \text{ rpm}$ 。

二次切刀的動力來自第二驅動齒輪箱，它是由一組皮帶帶輪來進行動力傳送。主動輪直徑150mm，從動輪50mm，因此二次切刀轉動速為 $990 \times 150 / 50 = 2970 \text{ rpm}$ 。

(四)提昇輸送驅動齒輪箱

提昇輸送驅動齒輪箱的功能是將第二驅動齒輪箱的動力經一次切割變速箱傳送到提昇輸送皮帶輪與壓頂輸送皮帶輪。經由提昇輸送驅動齒輪箱減速後提昇輸送皮帶輪轉速參考圖3所得如下：

$$900 \times \frac{20}{50} \times \frac{18}{54} \times \frac{15}{20} = 99 \text{ (rpm)}$$

(五)壓頂輸送驅動齒輪箱

壓頂輸送驅動齒輪箱，主要是改變來自提昇輸

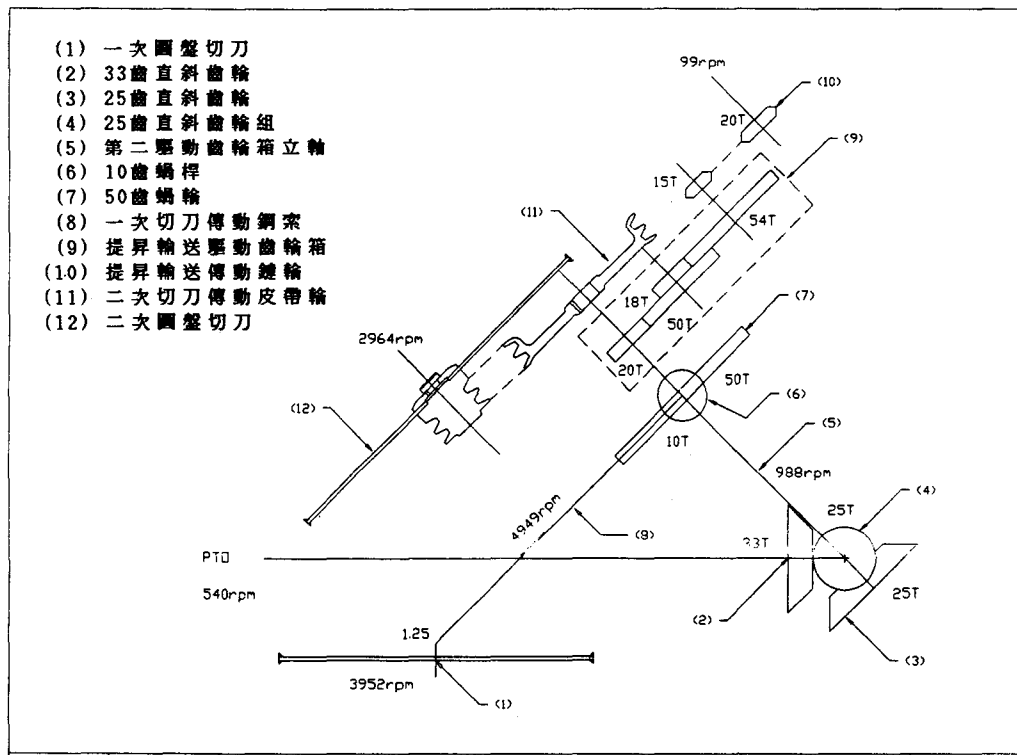


圖 3、犁頭式甘藍收穫機傳動系統簡圖

送皮帶輪的動力傳動方向，使提昇輸送的方向及轉速與壓頂輸送的方向及轉速保持一致。壓頂輸送驅動齒輪箱是由一對25齒的直斜齒輪所形成，因此它只能改變動力傳動的方向而不能改變轉速。

(六) 壓頂輸送驅動鏈輪箱

壓頂輸送驅動鏈輪箱的功能是將壓頂輸送驅動齒輪箱的動力傳送到壓頂輸送皮帶輪，而不改變轉速。因此經由傳動結果，壓頂皮帶輪的轉速為 99 rpm。

五、結果與討論

本研究主要工作是進行犁頭式甘藍收穫機的整體設計，今茲研究結果說明如下：

(一) 機構設計

完成後的甘藍收穫機如圖 4、5、6 所示，主要機構包含犁頭式收集切割機構、提昇輸送機構、二次切割機構及壓頂輸送機構。輸送平台溝槽寬度及壓頂輸送高度設計成可調。各機構尺寸大小條列如下：

- (1) 犁頭：長 524mm
開口 300mm
中心距 550mm
- (2) 一次切刀：直徑 255mm
- (3) 二次切刀：直徑 300mm
- (4) 提昇輸送機構：長 980mm
- (5) 壓頂輸送機構：長 370.5mm
- (6) 提昇扶起爪：長 70mm
- (7) 壓頂長爪：長 80mm
- (8) 壓頂輸送鏈輪箱：長 278.5mm
- (9) 收穫機長：1086mm
- (10) 收穫機寬：1520mm
- (11) 收穫機高：960mm

(二) 傳動設計

在甘藍收穫機的傳動設計中主要是用軸、齒輪、鏈輪、鏈條、皮帶輪及割草機用之鋼索來進行動力傳送。傳動系統，共使用六個驅動箱，有關的設計說明如下：

1. 主變速箱負責將曳引機 P T O 軸的動力傳入甘

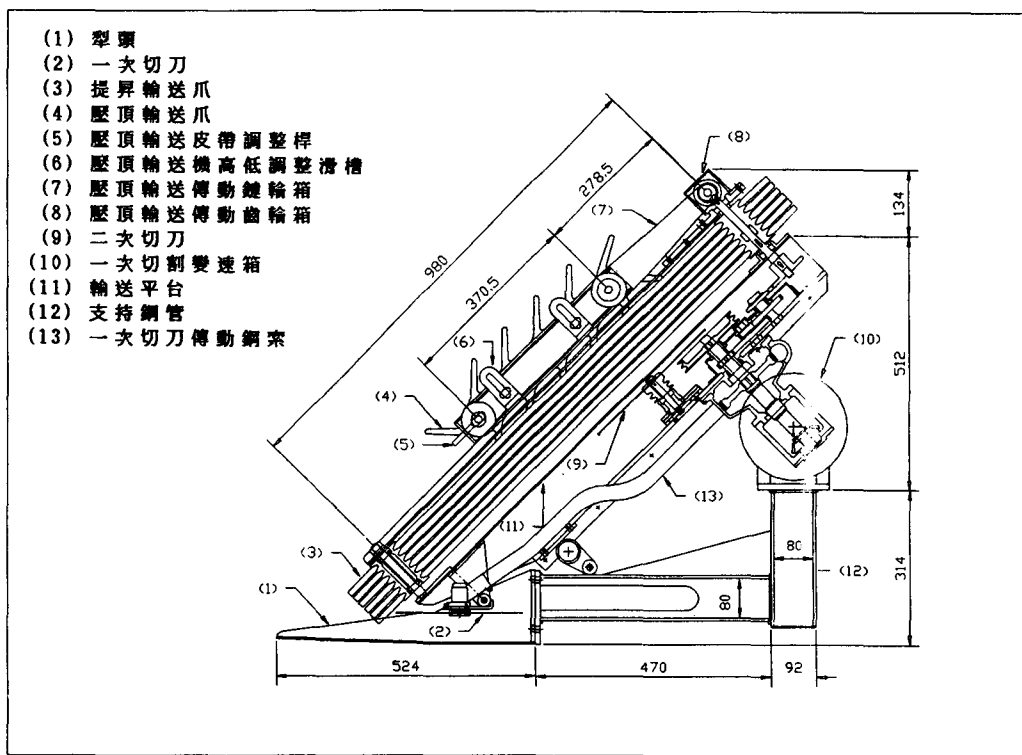


圖 4、犁頭式甘藍收穫機側視圖

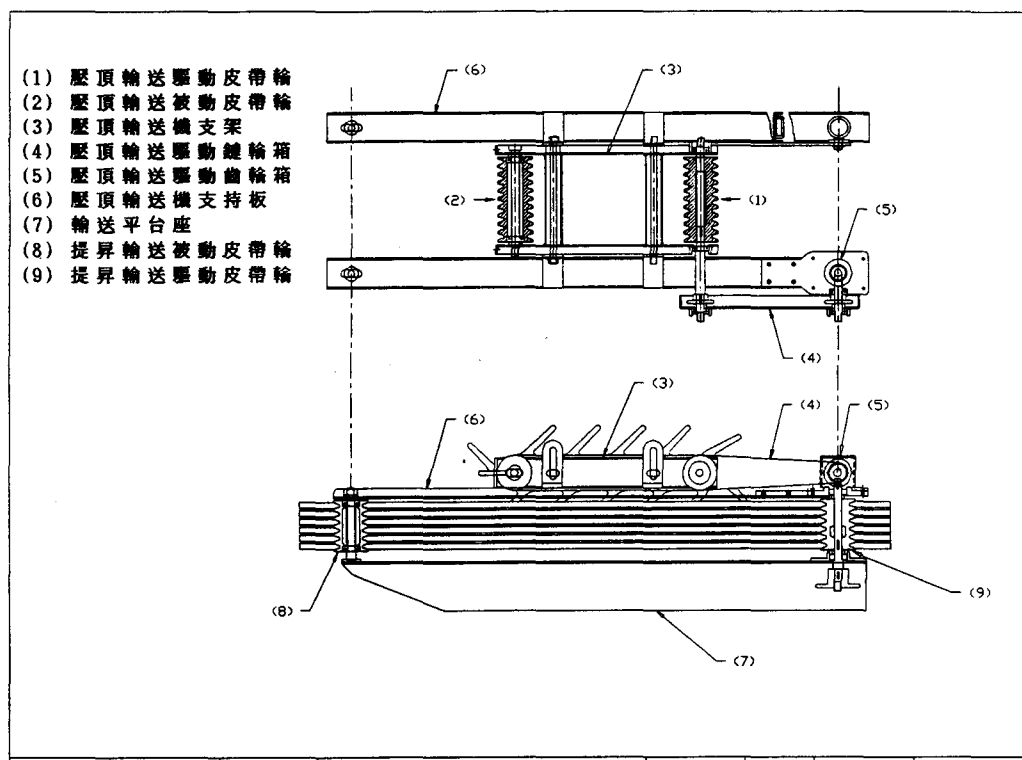


圖 5、提昇及壓頂輸送機構示意圖

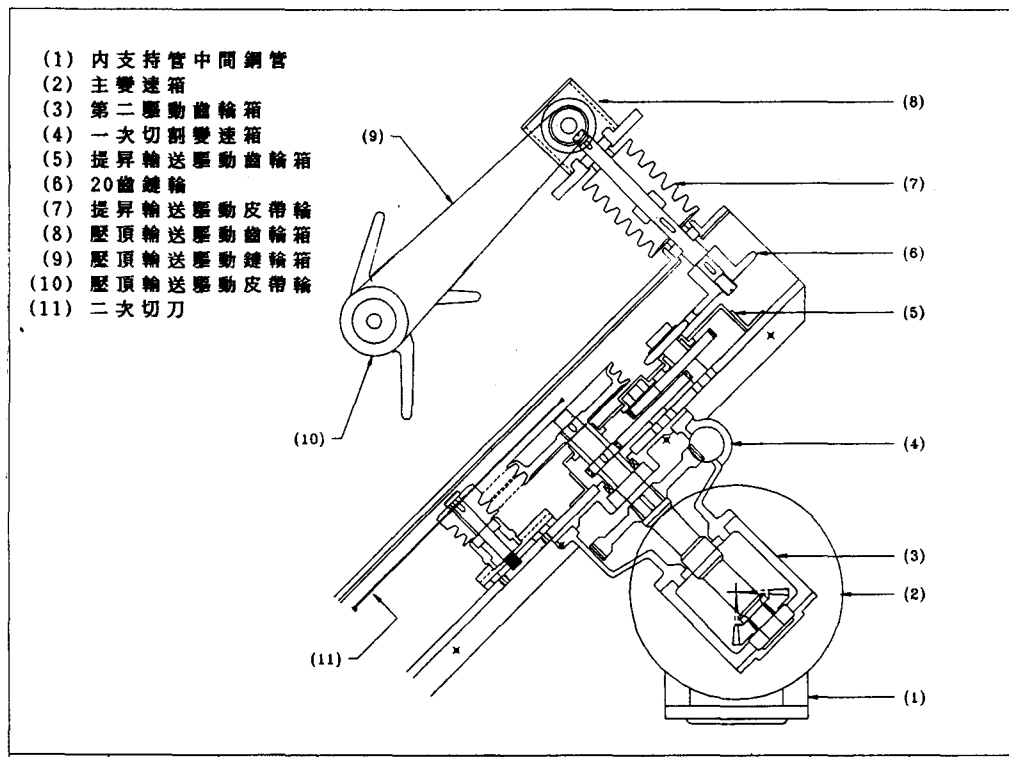


圖 6、傳動系統實體圖

- 藍收穫機中，改變動力傳動方向並提高轉速。經由主變速箱變速以後的轉速為 990rpm。
2. 第二驅動齒輪箱主要的功能是改變動力的傳動方向，並將動力傳給各機構。它只能改變動力傳動方向，無法改變轉速。
 3. 一次切割變速箱是用來傳動一次切刀並連接二次切刀、提昇輸送皮帶輪及壓頂輸送皮帶輪。經由變速結果，一次切刀轉速 = 3960rpm。二次切刀轉速 = 2970rpm。
 4. 提昇輸送驅動齒輪箱的功能是將第二驅動齒輪箱的動力經一次切割變速箱傳送到提昇輸送皮帶輪與壓頂輸送皮帶輪。經由提昇輸送驅動齒輪箱減速後提昇輸送皮帶輪轉速 = 99rpm。
 5. 壓頂輸送驅動齒輪箱主要是改變來自提昇輸送皮帶輪的動力傳動方向，使提昇輸送的方向及轉速與壓頂輸送的方向及轉速保持一致。它只能改變動力傳動的方向而不能改變轉速。
 6. 壓頂輸送驅動鏈輪箱的功能是將壓頂輸送驅動齒輪箱的動力傳送到壓頂輸送皮帶輪，經傳動

結果，壓頂皮帶輪的轉速為 99rpm。

六、結論與建議

根據本研究分析的結果，所得結論與建議如下：

(一) 結論

1. 整合設計後犁頭式甘藍收穫機主要機構有：犁頭式收集切割機構、提昇輸送機構、壓頂輸送機構及二次切割機構。
2. 以皮帶輪傳動二次切刀可防止殘葉阻塞。
3. 45° 壓頂輸送爪是為增加壓頂面積，加強壓頂效果。

(二) 建議

1. 進行甘藍收穫機田間試驗，以作為機械改良的依據。
2. 進行一次切割及二次切割試驗分析，以決定切刀的最低轉速，以延長切刀壽命。
3. 進行甘藍二次切割高度與切割寬度的理論探討。

4.若機械動作無誤，則應進行各機構的動力分析並從事各機械元件受力的情形的探討以決定收穫機所需的馬力及材料尺寸的選用。

七、誌 謝

本研究經費承蒙行政院農業委員會補助，計畫編號為80農建-7.1-糧-31(9)，謹此致謝。

參 考 文 獻

- 1.許耀生，1988，甘藍收穫機之初步研究與田間試驗，臺大農工所機械組碩士論文，臺北。
- 2.許耀生、張森富，1988，甘藍收穫機性能之田間試驗，臺大農學院研究報告28(2)：10-18，臺北。
- 3.張明毅，1989，甘藍收集與切割機構之設計分析，臺大農工所機械組碩士論文，臺北。
- 4.張森富，1987，甘藍收穫機之開發，學術研討會論文集，78—87，中國農業工程學會。
- 5.張森富、魏炳華，1987，甘藍收穫機之觀念與功能設計，農業工程學報33卷3期：42—50，28，臺北。
- 6.鍾侑達、張明毅、張森富，1991，甘藍收穫機二次切割機構之設計與試驗，農業工程學報37卷1期：110—115，臺北。
- 7.鍾侑達，1991，甘藍收穫機之設計，臺大農機研究所碩士論文，臺北。
- 8.魏炳華、張森富，1987，設計甘藍收穫機有關之物理性質研究，臺大農學院研究報告27(2)：83—95，臺北。
- 9.魏炳華，1987，甘藍物理性質研究及其收穫機構設計，臺大農工所機械組碩士論文，臺北。

收稿日期：民國80年 8月14日

接受日期：民國80年 9月12日

專營土木、水利、建築等工程

鉅松營造有限公司

地 址：彰化縣二林鎮南光里舊二路
167號

電 話：(048)962068