

農業工程叢書之一

農 業 機 械 學

林查理 吳相淦 合著

金陵大學農業工程學會出版

1949

農業機械學目次

第一章 緒論.....	1
第一節 機械與農業機械學.....	1
第二節 機械定理與簡單機械.....	3
第三節 構成機械之零件與要素.....	7
第四節 農業機械之分類.....	11
第二章 耕地機械.....	13
第一節 耕地之目的與要點.....	13
第二節 犁之演進簡史.....	15
第三節 犁之各部構造及其功用.....	18
第四節 犁底對土壤之物理作用.....	25
第五節 犁之種類.....	30
第六節 犁之牽引及其應用.....	42
第三章 整地機械.....	49
第一節 直齒耙.....	49
第二節 彈齒耙.....	55
第三節 刀形齒耙.....	56
第四節 圓盤耙.....	56
第五節 鎮壓機械.....	61
第四章 播種機械.....	65
第一節 播種機之要點及其分類.....	65
第二節 穀類作物播種機.....	69
第三節 玉米播種機.....	74
第四節 棉花播種機.....	81
第五章 中耕機械.....	84
第一節 中耕之意義及原理.....	84
第二節 步行中耕器.....	87

第三節	乘式中耕器.....	89
第四節	各種中耕鋤耨之選擇.....	93
第六章	灌溉機械.....	98
第一節	引言.....	98
第二節	盛水式灌溉機械.....	102
第三節	運轉式灌溉機械.....	108
第四節	壓力式灌溉機械.....	111
第七章	收穫機械.....	133
第一節	引言.....	133
第二節	作物收穫機械.....	136
第三節	作物地下部分收穫機械.....	149
第四節	棉花採收機.....	150
第八章	脫粒機械.....	154
第一節	穀類脫粒機械.....	155
第二節	收穫脫粒混合機.....	165
第三節	軋花機.....	169
第九章	農業機械之設計.....	178
第一節	農業機械設計之要點.....	178
第二節	農業機械設計之過程.....	179
第三節	材料之選擇.....	183
第四節	動力之測計.....	187
第十章	農業機械之使用與管理.....	191
第一節	農業機械之使用成本.....	191
第二節	農業機械之選擇.....	196
第三節	農業機械之養護與修理.....	203
第四節	附錄.....	206

農業機械學

第一章 緒論

第一節 機械與農業機械學

第一目 機械之定義

機械 (Machine) 廣義之意義，凡能為吾人所利用，根據一定能力與運動之關係，以代替吾人工作之物體，皆可謂之機械。但因所受之能力與所發生之能力性質上之差異，大別可分為三大類如下：

- a. 原動機類 (Prime Powers) 即受非機械能力如風力、水力、熱力等，以發生機械能力，不能直接工作，多須傳達於別種機械，方能工作者，如風車、水輪、蒸汽機、內燃機、發電機等。
- b. 工作機類 (Machines) 即受外來之機械能力，以發生機械能力而工作者，如工廠之車床鉋床等，農場之犁、播種機等。
- c. 儀器類 (Instruments) 即受外來之各種能力，在普通意義上只能表現一種運動，而不認為工作者屬之，如風力計、氣壓表等。

以上三類，性質雖有不同，但可找出共同之機械基本原理，吾人若將此共同之點加以研究，即可得一滿意之機械定義。其相同之點，約可歸納如下：

第一、機械各皆有其一定之目的，無論其利用為變更力量之大小，方向，改變運動之種類，然皆有其一定之預期效果，或工作目的者也。

第二、機械皆不能自動，亦不能自身發生動力，必由外界加相當之能力，方可發生預期之能力與工作。

第三、機械皆由兩個以上之部份，或兩個以上之物體組合而成，若命名每一部份為機素 (Element)，則每一機械，必須兩個以上之機素組合而成。

第四、機械各部份均有其一定之相對關係，加力之後，運動部份

，恆有一定之相對運動，靜止部份則對於運動加以支持或約束亦各有其一定之關係。

根據以上各點，可得機械之定義如下：（見劉仙洲機械原理P.3）

『機械者，兩個以上之物體或機系之組合體，動其一部則其餘各部各發生一定之相對運動，或限制運動，吾人得利用之，使一種天然能力或機械能力，發生一定之效果與工作者也。』

此外尚有各家之定義，俱大同小異，茲僅再錄戴衛生(Davidson)氏之定義如下：

『機械者，為包括兩個或兩個以上之相對堅強部份，由預期之相互運動而傳導或限制力之運動，以完成實際有利之預期工作之物體。』

至於機械之普通用途，大概可分為下列三大目的：

第一、利用機械，使發生之力，便利達到預期之工作，而充分發揮勞力之價值，例如牛乳之離心式分離器之增進牛乳之分離工作。

第二、期以原動機之能力，以代人力，致使每一人力之作工效果加增，如利用拖拉機(Tractor)或其他動力代人力畜力從事耕作。

第三、利用機械改換勞力之性質，使工作之疲勞煩苦，得以減少，而以機械之操作代手工，如割麥機之代替鐮刀是。

第二目 農業機械學之意義

『農業機械學即研究農業生產用之一般器具(Tools)與機械(Machines)之構造，作用，效率及其價值之科學』按此含義，則簡單農具如鋤、鐮等皆屬研究之對象，機械之用於農業者如耕作，套、鋤，園藝，繅絲，農產加工等正不知若干，最好稱之為農業機具學(Farm Implement)。因機具(Implement)一名詞之英文含義，實可包括機械與器具二大部份也。

就此廣義之含義言，一般農業機具按其用途，可分類如下：

1. 栽培用機：包括整地耕作施肥播種等一切栽培作物用之機具。
2. 園藝用機具。
3. 畜產用機具。

4. 套置線絲用機。

5. 農產加工用機。

6. 雜用機具：包括一切副業用機如漁獵森林等。

若依機具使用時所受原動力之種類分別，可分為：

1. 人力用機具：一人或二人運用之農業機具。

2. 畜力用機具：牛力馬力等運用者。

3. 動力用機具：風力、水力、蒸汽力、化學力、熱力、電力等運用之農業機具。

再就機具構造區別，則廣義之農業機具應分：

1. 農業器具 (Farm tools)：構造比較簡單而不合機械之定義者，多用人力運用之。

2. 農業機械 (Farm machinery)：構造比較複雜，且合上述之機械定義。共分三大類：

a. 原動機：發生動力者。

b. 傳導裝置：發生動力後，使之作工之傳導媒介。

c. 作業機：受動力後，直接實際工作者。

由上各分類比較之則可知吾人所從事研究之農業機械乃就狹義言之，就第一分類多限於栽培用機；就第二分類言，則多重於畜力與動力用機械；就最後之分類言，自屬將器具部劃分而着重於作業機械之研究。

第二節 機械定理與簡單機械

第一目 機械定理

任何機械運動時，力之作用可分為抵抗力與作用力二者，如用一滑車起重，則被升起物體之重力為抵抗力。而吾人所施於滑車繩端以升起物體之力為作用力，此抵抗力與作用力之比，稱為一機械之力比 (Force ratio) 亦即該機械之機械利益 (Mechanical advantage) 此比率之值可大於一，或等於一，然利用機械之目的，常應使之大於一，若以 W 代抵抗力， P 代作用力則：

$$\text{力比} = \frac{\text{抵抗力}}{\text{作用力}} = \frac{W}{P}$$

同時當任何機械運動時，在同一時間內作用力施力點所運動之距離對於抵抗力施力點運動之距之比謂之該機械之速比 (Speed ratio) 可示之於下：

$$\text{速比} = \frac{\text{作用力施力點所行之距離}}{\text{抵抗力施力點所行之距離}}$$

既明乎此，吾人可申述機械定理如下：『倘機械本身之重不計，且相對運動部份亦經假定為絕對光滑，無摩擦力以消耗工作時，則其力比恆與速比相等。』即：

$$\text{速比} = \text{力比}$$

$$\text{或：} \frac{\text{抵抗力}}{\text{作用力}} = \frac{\text{作用力施力點所行之距離}}{\text{抵抗力施力點所行之距離}}$$

故機械定理，據戴衛生氏之申述可如下：『作用力與其施力點所行之距離之乘積與抵抗力及其施力點所行之距離之乘積相等』換言之，即無論何種機械，倘其本身之重不計，且相對運動各部亦假定全無摩擦力損耗時，則加機械之總功，恆等於機械完成之總功，此即機械定理之要點。故任何機械得之於省力者，必失之於速，得之於速者，必失之於耗力。蓋功與能既不能消滅，亦無法創造也。

第二日 簡單機械 (Simple Machines)

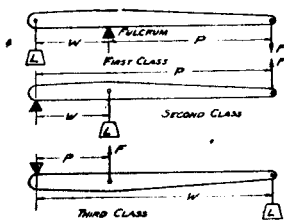
無論任何複雜之機械莫不由各種簡單機械組成，而簡單機械之種類，大別之可分為六：即槓桿 (Lever)，斜面 (Inclined plane)，輪軸 (Wheel and Axle)，滑車 (Pulley)，劈刺 (Wedge)，螺旋 (Screw) 等是。但亦有將此六者合併而成槓桿，斜面，滑車三類，或僅分槓桿與斜面二者，吾人為明顯計，仍分六類述之：

(一) 槓桿 (Lever) 為一種硬性之直形或曲形桿，而繞一定點名支點者 (Fulcrum) 轉動，槓桿之柄 (Lever arm) 在直桿式中即支點兩側之兩端部份，但須作用之力與槓桿垂直。普通槓桿之機械利益為作用力側之槓桿柄之長度，與抵抗力側槓桿柄之長度之比率，

可以公式表之如下：

$$\text{重量} \times \text{重量柄長} = \text{作用力的大小} \times \text{作用力柄長}$$

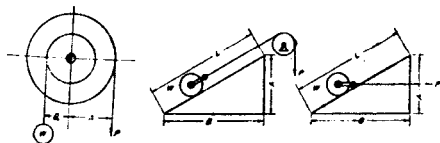
槓桿可分三類：(圖一)第一類槓桿，支點在力點與重點之中間。



圖一：三類槓桿圖

(二) 輪軸 (Wheel

and Axle) (圖二) 此類機械為槓桿之變形，而其相似之原理，軸之中心相當於支點，軸之半徑相當於短柄，輪之半徑相當於長柄，其機械利益如下式：



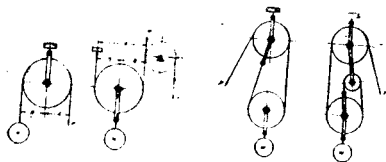
圖二：輪軸及斜面

設 $P = \text{作用之力}$ $B = \text{輪之半徑}$

$W = \text{重量}$ $A = \text{軸之半徑}$

$$\text{公式： } P \times A = W \times B$$

(三) 滑車 (Pulley) (圖三) 滑車包含一有槳之輪在架上自由轉動，此種關係如第一或第二類槓桿。滑車可因其裝置排列之差異，而分各類不同之應用若僅一定滑車則但能改變運動之方向，無機械利益可言，若一個或一個以上之定滑車與一個以上之動滑車結合利用，則其機械利益與支持動滑車之繩數成正比，其公式如下：



圖三：滑車

以上之定滑車與一個以上之動滑車結合利用，則其機械利益與支持動滑車之繩數成正比，其公式如下：

設 W = 重量 h = 運動之距 P = 作用之力

n = 支持重量之繩數

$$Wh = P \times nh \quad \text{或} \quad \frac{W}{P} = n$$

差動滑車 (Differential Pulley) 爲滑車之應用最廣者，其構造爲二不同半徑之滑輪相並而立，有槽陷入鍊結免其滑出。若一圈之鍊在動滑車上滑動時，則滑車上之鍊圈有長有短，故使動滑車緩緩上昇，其速度則由滑車二槽周徑之大小而定。

(四) 斜面 (The Inclined Plane) (圖二) 斜面爲一平滑面而與水平面及垂直面作任何角度之傾斜者，其基本之原理即作用力增加之倍數，與斜面之長，長於斜面之高之倍數相等。換言之即作用力之增加等於長度大於高度之倍數，但因力之作用方向不同而生差異。物體或重量上升時，不由垂直方向上升，而其全重一部份爲斜面所支持，一部則爲作用力所担任，故較省力。如圖二P之力使重量W由A動至C而與斜面平行，則所作之功爲 $P \times L$ 而就重力言則作功爲 $W \times A$ 故

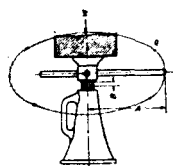
$$P \times L = W \times A$$

若作用之力平行於底AE則機械利益爲：

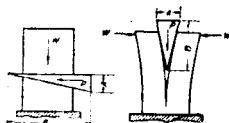
$$P \times B = W \times A$$

(五) 劈刺 (Wedge) (圖四) 劈刺者，爲斜面之變形，或可謂包有二基底相合之斜面。若將此劈刺用力刺入任何物體中，則有其二斜面垂直之力發生，犁之入土者，乃全用此理也。

(六) 螺旋 (Screw) (圖四) 螺旋爲斜面與槓桿之混合變形。其



圖四：螺旋



劈 刺

上有旋絲 (Threads) 繞一圓柱如一旋圈梯，皆屬斜面之一種。當螺旋由槓桿或齒輪之協助運動時，其傾斜之旋絲，即使其所

負荷重依螺旋之旋距 (Pitch) 運動，其機械利益則視作用力運動一週之距而定，而重量之運動距離，則適等於旋距之長，棉花打包機，

榨油機，皆利用此螺旋原理為打包壓榨之用。

第三節 構成機械之零件與機素

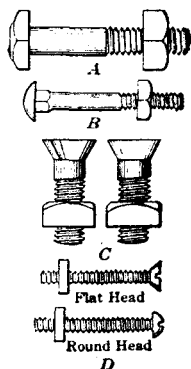
任何機械皆為若干部份組成，此不獨農業機械為然也。此各部份除上述之簡單機械外，尚可分下列各類述之：（一）連繫零件（二）動力之傳達（三）變速及間歇裝置（四）軸承等，最後更稍及減摩（Lubrication）原則，以明維持機械各部份，使之工作順利之方法。

第一目 連繫零件（Fastenings）

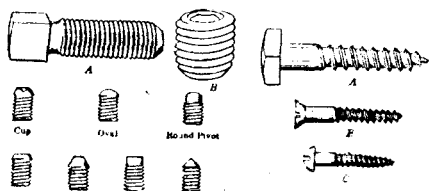
機械之各部必須連接妥當。方可担任工作，故凡二部份之接合作用件，通稱為連繫零件，或繫件，普通螺釘，螺絲，鍵，鉚釘等皆是。然前三者用之於須常自由拆下之部份，後者則用於永久接合之部份。

(A) 螺釘 (Bolts) (圖五) 乃由螺旋桿 (Bolt) 及螺母 (Nut) 二者組合而成，螺旋桿為一圓柱形，而具有旋絲之桿，一端形成各式之頭狀，他端則套於螺母之中。螺母則為任何形狀之物體，中央有合乎相對螺旋桿之旋線洞者，普通多具四角或六角之外形。在農業機械中常用者為下列數種：如機械螺釘 (Machine Bolt) 馬車螺釘 (Carriage Bolt) 犁頭螺釘 (Plow Bolt) 等。

(B) 螺絲 (Screws) (圖六) 螺絲與螺釘之最大



圖五、各種螺釘：
(A) 機械螺釘
(B) 馬車螺釘
(C) 犁頭螺釘
(D) 緊壓螺釘



圖六：各種螺絲：固定螺絲及木螺絲。

差異，在無須螺母即可直接旋入任何機件部份而達固接之功用，用於鐵製部份者有帽形螺絲 (Cap Screw) 固定螺絲 (Set Screw) 等旋絲較細，此

外用於木製部份者，爲木螺絲 (Wood Screw)。

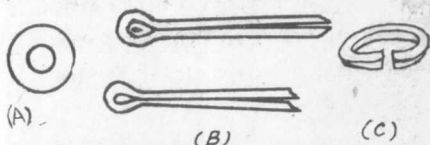
(C) 鍵 (Keys) (圖七) 爲連繫並固着齒輪滑輪於軸之繫件，普通用



圖七：插梢及鍵：(A) 平鍵 (B) 突頭鍵 (C) 制鍵
者分平鍵 (Flat Key) 突頭鍵 (Gib-head Key) 及制鍵 (Woodruff Key) 三種，可於本圖中見其工作情形。

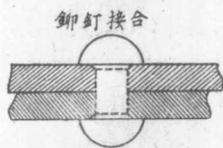
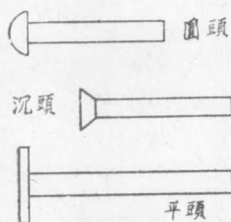
(D) 座環 (Washers) 及梢子 (Cotters) (圖八) 座環爲墊於螺釘下

以分佈壓力并固着螺釘之繫件。分鎖環 (Lock Washer) 及片狀座環兩種，梢子則爲一種尾部開裂之針形繫件。



圖八：座環 (A) 平座環 (B) 開口梢子 (C) 彈簧座環

(E) 鉚釘 (Rivet) (圖九) 爲永久連接二鐵板或其他部份之用，兩



端爲頭，中爲其身，一頭爲於鉚釘安置妥貼後作成，當兩癒合連接部份，欲接爲一體時，先於兩部份上衝成相對之孔，然後將鉚

圖九：鉚釘
釘燒白置入孔中一端之頭，緊接板片，一端於插入孔後敲成頭狀。直徑小者，不必加熱，即可應用。

第二目 動力之傳達 (Transmission of Power)

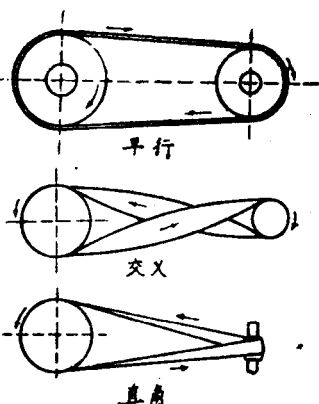
普通機械中，一軸之迴轉運動傳達於其他之軸時，因二軸之距離

及所需要之速比各有不同，故傳達方法有下列數種：

1. 凡兩軸之距離較遠，而兩軸迴轉之速比不必絕對一定，則其傳達多用皮帶(Belt)及皮帶輪(Pulley)，或繩索(Rope)及繩輪。
2. 若兩軸相距較遠，而輪迴轉之速比必須一定者則用鍊(Chain)及鍊輪。
3. 若相距較近所傳達之力較小，且兩軸迴轉之速比亦無須絕對一定時則可用摩擦輪(Friction Wheel)。
4. 若所傳達之力較大，距離近而軸迴轉之速比須有一定時，則多用齒輪(Gear)。

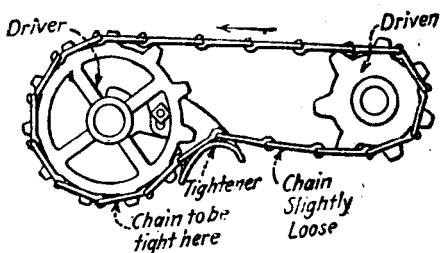
此四種傳達方法，在農業機械中以皮帶及皮帶輪，鍊及鍊輪，齒輪為最普通，茲分述各種之要點如下：

(A) 皮帶及皮帶輪(圖十) 即利用皮革製且富有彈性之帶狀物，環繞二迴轉軸及輪使主動輪迴轉，因此彈性皮帶而傳達動力至從動輪使之迴轉，至於傳達力之大小，則視輪軸與此帶之相互摩擦力而定。



圖十：皮帶及皮帶輪：

(B) 鍊及鍊輪(圖十一) 在農業機械中此種傳達動力方法用之最多



圖十一：鍊及鍊輪

，因其適於低速而兩輪同向迴轉之場合故也，鍊為鋼鐵製之互連鈎環，輪則為一多邊形之齒輪狀輪，普通分起重鍊，運搬鍊，傳

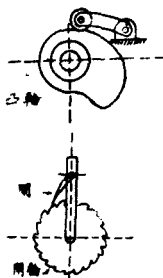
達力鍊三種：

(C) 齒輪 (Gears) (圖十二) 齒輪包括凡任何圓柱形或截圓錐形表面有多數齒狀物之輪，且同時與其他相似之輪互相結合，以達傳達動力之目的。兩輪過於接近，設計不周易生磨蝕，而減效率。農業機械中通用者，為正齒輪 (Spur Wheel)，歪齒輪 (Bevel Wheel)，螺旋輪 (Worm and worm wheel)，齒桿與小齒輪等示之如圖。

第三目 變速及間歇裝置

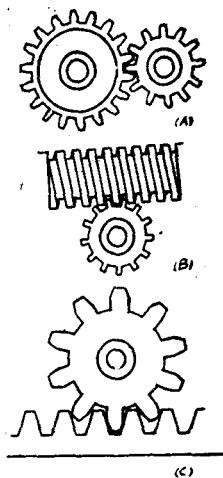
多數機械中，其中一部或數部，往往須發生一種不等速，不連續，不規則之運動，方能完成其工作，則端賴間歇及變速裝置；如凸輪 (Cam)，閘及閘輪 (Pawl and Ratchet wheel) (圖十三)，偏心輪等是。

(A) 凸輪 (Cam) (圖十三A.) 為一平板或圓柱或任何形狀之固體



圖十三：
A. 凸輪
B. 閘及閘輪

此外偏心輪，為一曲柄桿之擴大，足以包括直軸使迴轉運動變成



圖十二：齒輪：
(A) 正齒輪
(B) 螺旋輪
(C) 齒桿及小齒輪

，具有一曲線之周緣，或有一曲線之凹槽，當繞一定之軸迴轉時，即將機械之一部份等速連續運動，變為他部所預期之不等速或不連續之運動。凸輪共分平板形凸輪，圓柱形凸輪及截圓錐體凸輪三種。

(B) 閘及閘輪 (Pawl and Ratchet wheel) (圖十三B.) 由閘輪及閘二部組成，閘之尖端，可隨閘輪之迴轉方向滑動，但閘輪後退時即陷入齒中，阻其後退，如此可完成其間歇工作。

可逆運動之機構。

第四目 軸承 (Bearing) 與減摩 (Lubrication)

軸承爲限制迴轉軸運動及支持其運動之機械部份，在農業機械普通用：(1) 平面軸承 (Plain bearing) (2) 球軸承 (Ball bearing) (3) 轉子軸承 (Roller bearing) 三種。

此種機械運動部份，一靜一動，常生大摩擦，致易生損壞，爲減輕此種摩擦，吾人多於此運動部份加入一種油脂物曰減摩劑 (Lubricant)，同時機械運動部份表面加入減摩劑後，不生直接摩擦之作用，謂之減摩 (Lubrication)。至於減摩劑之種類甚多，然良好之減摩劑應有下列諸優點：

1. 能充分使二表面間之壓力減至最小。
2. 在可能範圍內爲減少本身互相之摩擦應爲流體，粘性稍小。
3. 摩擦係數最小。
4. 能傳達過多之熱量。
5. 不易因熱之作用而生化學分離。
6. 有高蒸發熱度且純淨無渣滓。

普通之減摩劑分動物性油，植物性油及礦物性油三種。如動物油之豚脂 (Lard) 牛脂 (Tallow) 鯨腦脂 (Sperm) 皆可用，但用時易發生惡臭，且生化學分解，有害金屬，植物油如蓖麻油 (Caster Oil) 橄欖油 (Olive oil) 棉子油 (cotton seed oil) 礦物油則多爲石油中提出。

爲使減摩劑加入之便利，機械中特備有給油孔，並有各種裝置使加入之減摩劑得被迫分佈至各預期地點，並按一定時間適量供給，以永保機械之安全，大凡機械之壽命與減摩裝置之得法與否，大有關係，故宜注意及之。

第四節 農業機械之分類

若就農業機械之廣泛含義，則不啻包括若干工業或特殊企業。茲據普通栽培作物時之步驟，將農業機械分類如下，亦即本書研究之範圍。

- (1) 耕地機械 (Soil preparation machinery)
將土壤由堅硬固結不宜作物生長之情形，變為適合其需要之土壤粗型之機械屬之，如犁。
- (2) 整地機械 (Seedbed preparation machinery)
即將土壤初步改變其構成組織後，使之平坦鬆細僅待播種之苗床之機械，如耙等。
- (3) 施肥機械 (Fertilizing machinery)
整地後播種前施肥於地中之機械如肥料撒播機。
- (4) 播種機械 (Seeding machinery)
將種子按需要深淺多少分佈於苗床中之機械如玉米點播機。
- (5) 中耕機械 (Cultivating machinery)
作物生長時中耕除草之機械如五齒中耕器，除草器等。
- (6) 灌溉機械 (Irrigating machinery)
作物生長時人工補足田中水份之機械如抽水機。
- (7) 病蟲防治機械 (Dusting and spraying machines)
作物生長期中，防治病蟲害之機械如噴霧器等。
- (8) 收穫機械 (Harvesting machinery)
作物成熟後，收割其預期部份之機械如刈麥機。
- (9) 脫粒機械 (Seed separation machinery)
收穫後加以脫粒調製之機械如脫粒機，軋花機。
- (10) 清雜機械 (Cleaning and grading machinery)
種子收割後再加脫粒然後清除雜物，分別等級之機械如風車。
- (11) 加工機械 (Milling machinery)
如榨油機，碾米機等。
- (12) 運搬機械 (Transportation Equipment)
將農產品之運搬至一定地點貯藏或銷售用之機械如運貨車等。

上述分類，其他學者容有不同，然皆大同小異繁簡稍殊而已，茲分別述之於次各章。

第二章 耕地機械

(Soil Preparation Machinery)

耕作 (Plowing) 爲耕耘最初而至要之工作，其實施之優劣，關係一年收穫之豐歉得失；就經濟之統計言，耕作之動力實佔各項栽培作業之最，美國農部之調查，每年耕地所耗之動力爲 2,500,000,000 馬力小時，或佔全農場勞動力總數之百分十六，佔全部室外工作動力之百分廿二，足證耕地在作物栽培中地位之重要。

然此種耕作機械，若不明土壤之性質，土中水份之多少空氣之流動，土壤之溫度等因子對作物生長之關係，及不明犁之作用與使命時，常以爲犁爲一種簡單機具，但就熟習其要點之農人觀之，則犁之複雜重要，甚至較一內燃機爲難管理調整也。今試分節述之如次：

第一節 耕地之目的與要點

吾人若條列耕地之目的，則有下列七點。然各項目的之需要，仍視生產作物之不同，土壤之性質氣候之變化而生差異：

1. 破碎土壤以蓄雨水，流通空氣。
2. 覆轉土面之一切野草、肥料、根株、以增地力而免日後中耕時之困難。
3. 破碎土粒至其能至之程度，以便水分之活動與根部之發展。
4. 耕平土面以備加入肥糞之工作後即成良好之苗床可以播種。
5. 防止野草之再生，爭奪作物之食料、水份、與日光。
6. 在特殊情形下，使土面不受雨水，風力之沖洗。
7. 殺除害虫，以利作物之生長。

至於普通耕地之深度以 5—8 寸爲準，深度在 5 寸以下者謂之淺耕，8 寸以上者謂之深耕，如甜菜及其他深根作物有耕至 12 寸者，但此種深度在普通一般作物不一定有利，尤不合經濟，且苗床之加深必須逐年按步加深，若冒然行之，則生土由底層翻上反使作物之生長不良，故我國土犁耕地甚淺時，一旦改用新式犁必設法調節其深度，不令

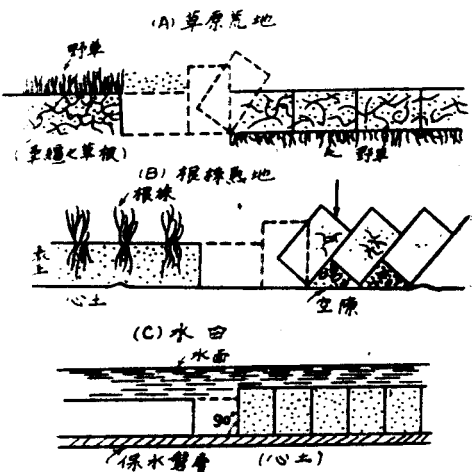
自然加深，否則有害無益也。

農用土地就過去耕耘狀況作物栽培情形可分三類：即草原荒地 (Sod Land)，根株熟地 (Stubble Land)，與水田 (Wet Land) 三者：草原荒地即代表一土地曾經長時之野草生長，未曾耕作或荒棄已久之地，尚無表土上土之分，但近地面層佈滿互相勾結之草根若將此種土地以犁之物理作用捻曲之，則可生強大之抵抗力不因此捻曲而達到破碎之目的，且實際上此類草地果能設法使其有機物腐爛，其化學分解作用自可改變土壤之物理性，而成適合需要之土壤，故此類草地之耕作，俾需要完成其一良好之情況，刺激其土面植物及土內根株之腐爛分解，與腐植質之形成。為達到此要求，故必使草地之土壤完全翻轉，生有植物之面與底土層變成緊接狀態，不令其間有任何之空隙，再任空氣之流動，致阻礙植物之腐爛，而繼有生長之機會。其耕作之需要可如下之圖解(圖十四)：

根株熟地即為經常耕耘栽培作物之熟地已有風化之表土，且常留收穫後前期作物之根株，如小麥地、棉花地、稻作之秋收後皆屬之，此類土壤常以大力之物理作用捻曲，而不問其是否完全覆轉，普通約轉 135° 已足，結果土壤順次累疊皆暴露其土緣於土面，留相當

空隙於下層，其理想之狀態可圖示如 B；但實際上每一土塊已被破碎並不如圖示之正矩形也。

水田在我國為最普通之農田，即生長水稻之土地，而已蓄水者，大



圖十四 耕作狀態圖解