

第二篇 能源與動力技術

台大生機系 馮丁樹教授

第八章 農業動力之演變

8.1 人畜力的古時代

農業動力包括人力、畜力、風力、水力、電力及熱力。風力、水力之利用屬於地域性動力，使用受限制，電力則可能由風力、水力或熱力轉換而來，屬固定型作業之動力。就田間移動式動力而言，人力、畜力及熱力是農業之主要動力源。人力是一種複雜度高的力源，可操作控制，亦可直接工作，但持久性及力道均有限制，其動力僅及 0.06 馬力左右。

畜力伴隨農業耕作數千年，除牽引外，可以作負載及踏行的工作。以牛馬而言，其動力約為 $2/3$ 馬力。其拉力約為其重量之十分之一，牽引速度方面，馬每秒約一公尺；牛則按步就班，僅 0.6 公尺。

牛畜可以作為農夫的寵物，但作為農業動力實際上並不經濟。在台灣地區而言，一年中僅能耕作 45-65 天，卻需養飼 365 天，實在不划算，當個寵物倒是真的。但在沒有其他選擇的時候，牛畜對農業的永續，有其不可磨滅的貢獻，而若因其過去的貢獻而不食今日之牛肉，則是有點矯枉過正矣。

8.2 耕耘機的世界

典型的農業動力為耕耘機與曳引機，前者為模仿耕牛拖帶犁

具，兩輪行走，人步行於後的操作方式，動力約在 6-15 馬力之間；後者為四輪行進，可拖帶各種農具及作業機械，人坐在上面，操作較為舒適，其動力自 20 至 200 馬力不等。

耕耘機係於民國 44 年自美國引進「快樂農夫號」，但使用之初，農夫並不快樂，一則價格貴，二來性能與牛相若，雖然不吃草，但仍要吃較為昂貴的汽油，無法顯現其特點。後來國內有三家農機廠商—中國農機、新台灣及大地菱從事改良與製造，並引進日本的技術，一方面加大馬力，一方面將迴轉式耕耘刀搭配一起，犁田整地一次完成，耕耘機因而變成一項牛與犁的綜合的代名詞，當時稱為鐵牛，即是紀念其功德。許多牛隻開始失業了，有些被帶到牛墟中被賤價轉賣，但有很大的部份最終被賣到師大路的牛肉攤上了。

耕耘機在民國 75 年以後達到最高峰，曾達十二萬台以上。為適合本省的地質及農民使用習慣所研發的機種，耕耘機自日本引進後，在台灣有相當大的改變，在結構上也特別堅固，原先為汽油引擎，後改為柴油引擎，馬力大，耗油少，在品質及耐用程度上也超越進口機種，是十足代表本省的產物。但曾幾何時，耕耘機也沒落了。它雖取代了牛隻，不久它也被另一批更強而有力的曳引機所取代，僅差沒有被送到牛肉攤上而已！為此，當時的中國農機也倒了，新台灣最後淪為日本人的農機代理商，大地菱則開始生產其他作業機械。在海峽的彼岸，耕耘機反而大行其道，不但在彼岸生根，而且銷售到海外市場。至八十四年底止，台灣的耕耘機約僅剩七萬二千餘台。

8.3 曳引機的來臨

曳引機(Tractor)是一獨立之原動機，不依任何軌道而行走，具有動力輸出，並且具有適合於牽引之構造與性能，復可認為一種特殊作業用汽車之型態。對一般汽車而言，必須具備速度、裝載力與牽引力等三種性能。曳引機則是取其牽引性能加以強化之動力車，亦是因循畜力機械化之方向應用於田間作業之動力機械

(圖 8.1)。



圖 8.1 曳引機可以做各種不同的田間工作

農用曳引機，從前稱為火犁。初期，台灣能夠使用大型曳引機者，僅台糖公司。台糖當時有廣大面積的甘蔗園，必須利用這種大型曳引機進行整地的工作。由於台糖所屬土地廣大，且以礫土為多，故其引進之曳引機均以搭配碟犁為主，發明碟犁的人大概是一位廚師，因為碟犁之外觀很像炒菜用的鍋子，可一面前進，一面翻土，故老百姓均以火犁稱呼之，主要是看到碟犁及曳引機一面作業，一面吐煙的樣子；大陸則稱為拖拉機，似乎更為傳神，因為它可以拖也可以拉。一般曳引機有四個輪子，人乘座在上面駕駛，會有威風的感覺，說不定有一天，有人會將它開上馬路，當做新娘的禮車，還可記上金氏紀錄。無論如何，當時沒人會想到有一天，這種俗稱火犁的曳引機會成為台灣農業的主力，它帶動了台灣農業的永續，也把原來很看好的耕耘機給逼退了，實在是一件不可思議的事情。

台灣地小人稠，每戶農民平均約一公頃的土地。一台曳引機，在田間轉個彎，最小也要十來公尺，小小一公頃的方寸土地，僅能供其轉三、四個彎兒。再怎樣也不需要曳引機來工作。當初就有人估計，台灣所需的曳引機最大馬力四十匹應是綽綽有餘。但這種估計維持不了多久就被打破，八十馬力變成主力。目前八十馬力已不是代耕農民的寵兒，因為它們認為一百八十馬力才算真正夠力！於是大馬力的曳引機開始由歐洲引進來，日本也製造不

了那麼大的馬力。於是乎馬力自 20 馬力開始，至 200 馬力為止，數百種廠牌的曳引機，彙集在這一個小小的台灣島上，真可謂天下奇觀！金氏紀錄似也可以記上一筆。

台灣農民有很多特點，勤奮是其一，他們追求速度，追求門面，但不一定講求效率。這點可以從曳引機的發展看出來，也有點類似現代年青人沒事在路上飆車的心態一樣。曳引機本來是農業動力之源，可以提供行走、驅動、拖行等動作所需之動力，因此可以鏈接任何需要在田間作業之農事機械，諸如犁、耙、抽水機、噴藥機、播種機、施肥機、割草機、切碎機、收穫機、牧草打包機等等。但在台灣使用曳引機最主要目的在於取代耕耘機的功能。因此，大部份曳引機均配裝有迴轉犁，成為標準配件。這種迴轉犁以 300rpm 以上的轉速，將土壤細切成小塊，只要走過一趟，萬事 OK！免除以往需先行犁翻土壤，再行碎土的重覆步驟，一貫化，多麼寫意。但這種迴轉刀碎土的方式，耗費相當大的動力，深度愈深，所需動力愈多。這也是造成台灣地區需要大馬力曳引機之主要原因。

8.4 代耕中心的興起

事實上，以約一甲地的農戶，根本無能力購置價格一百多萬元的曳引機，即使購置了，也只能放在客廳裡炫耀的時間多，無法充分利用。這也是代耕中心興起的原因。代耕中心由農民自行設立，當時政府也補助了些經費。開始時本身也有些農田，可以自行耕種，有餘力才幫他人行代耕工作。後來有些農民乾脆全心全力為代人作代耕的工作，賺取血汗錢。

這種代耕中心全省有八百餘處，每處至少購置有四十馬力以上之曳引機一台及其他作業機械。一下子代耕中心變成另一種新興的行業，有些手腕較為靈活的，則擴大其工作範圍，其所獲利潤不菲，在鄉裏中儼然是新興的大戶，工作時雖赤足下田，胼手胼足，農閒時西裝革履，出入常以昂貴驕車代步。為爭取更多的顧客及工作時效，其所購置的曳引機馬力也愈來愈大，其型式也

愈來愈豪華。曳引機上有隔音舒適的駕駛艙，艙內冷氣、音響、控制面板、電視等樣樣俱全。

8.5 曳引機之發展史



圖 8.2 傳統的曳引機以蒸汽引擎為動力

早年的曳引機係以蒸汽機為動力(圖 8.2)，當時還必須用牛馬拖帶至田間，旁邊尚須十幾個人力來發動，一旦發動後，又必須繼續作業，因為停下來的程式也相當複雜。1900 年美國加州使用的一台這種蒸汽曳引機重達 41 噸，木製車輪直徑 9 英尺，寬度 15 英尺，相當笨重。內燃機問世後，亦開始試圖將之配置於曳引機上作為動力。1908-1912 年間，在加拿大溫尼柏地方每年還舉辦蒸汽曳引機與內燃機曳引機的作業比賽，看那一型耕作得輕鬆愉快。結果兩者雖不是很滿意，但還是後者逐漸佔優勢。蒸汽車頭僅能在鐵軌上作為火車頭，也沿用相當久的時間。

1919 年美國內州通過曳引機試驗法，其中規定所有在該州販

售的曳引機必先通過測定檢驗，形成一個性能測試的準則。這種測試過程後來變成一個公認的性能測試報告。由於報告公正客觀，後來之購買者均要求廠商提供這類報告書，故全世界的曳引機製造商依慣例均會先將產品送到內州進行檢驗，然後再上市銷售。1925 年動力分導裝置(PTO)開始廣泛使用，數年後 ASAE 並以 540rpm 設定為標準轉速，所有迴轉的作業機具必須依此轉速設計其規格與作業性能。近年來，由於高速作業機具之需求日殷，又另訂一個以 1000rpm 為標準之 PTO 軸，或為動力第二軸，以傳遞高速之迴轉動力。

由於曳引機拖拉農具時需要甚大的牽引力，故其機體要重，才能安步當車，否則空有一身武功，也使不出勁兒來，僅會在地上打滑。因此製造時，其車輪必須大而寬，才能在地面上產生抓地力。在蒸汽機時代，車輪均以鐵輪為主，為增加抓地力，鐵輪面上裝設有凸緣或刺釘，就像賽跑時穿釘鞋一樣，才能跑得快；我們在雪地行車時，在車輪外面加上鐵鍊，也有相同的道理。但行走用鐵輪，實在太笨重，走在馬路上，好像在現代的壓路機在創造新馬路一樣。1930 年代，橡膠輪胎問世，曳引機開始採用橡膠輪胎，體質因此大為減輕，行動亦較為便捷，然而為使輪胎有鞋釘的效果，輪胎外圍製有凸出的花紋，俗稱為輪耳。

利用履帶，實際上也是增加抓地力的方法，它的原理是在地面上先行鋪一條堅固的履帶軌道，給輪子走，輪子走過後，履帶又收回來重復使用。故即使極不好的路面，輪子也能履險如夷。履帶式曳引機的問世，實際與軍事有關聯，均是用來在不特定地面行走的機械，而上面裝上大砲，即為戰車；上面裝上收穫裝置，即為收穫機。歐洲很多製造農業機械的公司，都與製造軍火有關，其原因也在此。因為重型農機與大砲，結構上都要很堅固，所用的原理幾乎一樣，差只在於一個目的在殺人，一個目的在處理農作物而已。

8.6 曳引機的分類

曳引機可依使用的產業、使用目的、結構、形態等加以分類。若依用途則有農業用、林業用、工業用及軍事用等四種。工業用曳引機多作為道路搬運、工場內搬運用、建築工程用及機場運輸等。在這些不同的應用中仍然以農用曳引機為最多。

若依原動機之型式分類，則有蒸汽曳引機、內燃引擎曳引機及電氣曳引機等。蒸汽曳引機多為大馬力者，體積龐大且笨重，早期曾為大面積之作業，目前已逐漸減少。電氣曳引機則是裝配配動機為動力，其電源為電池或另行架線，使用上不甚方便。目前使用者仍以內燃引擎曳引機為最多。依其燃料除電力外復可分為汽油、瓦斯、柴油及重油等型式。

在構造上，則可依其行走裝置而分為輪式、履帶式及半履帶式曳引機等。而輪式則又可依輪數之多寡分為單輪、二輪、三輪及四輪、八輪等型式。單輪與二輪者多為步行式，或稱為中耕機或耕耘機，操作人員必須隨機器在甚後面步行操縱。三輪以上則以乘坐型為主。

履帶型曳引機則係將車輪以兩條無限軌道型之履帶取代。以乘用型為主，多用於土木工程之產業機械如挖斗、堆土機等；亦有用於軍事用途者，如戰車及野地搬運車等。園藝用者亦有使用單軌履帶型，但均屬小型機種。半履帶式曳引機則是以履帶取代後部份車輪，前面之車輪仍維持作為轉向，履帶則可增加抓地力。

就輪式與履帶式曳引機之優劣點比較，輪式者具有下列優點：

1. 運轉及保養較為容易。
2. 價格較低，具普遍性。
3. 重量較輕，可以高速駕駛。
4. 輪距可以變更，可以適應不同行距之農事作業。

履帶式曳引機之優點則有：

1. 打滑少，牽引力大。
2. 接地面積寬大，容易通過高低不平或鬆軌之地面。
3. 重心低，適合於坡地作業。
4. 轉向半徑小，操作容易。

農業曳引機之種類因使用場合及對象作物之不同大體分為標準型、通用型、園圃型及果園型等四種(圖 8.3-8.5)。標準型以犁耕作業為主，以履帶型或四輪型為多，其馬力亦甚大，需 40HP 以上。通用型則除一般犁耕作業外，亦廣用於中耕除草、收穫等工作。其行駛速度之範圍較大，且必須配合作物之高度，故地面距較高(45-55cm)，且需具有輪距調節之構造。此類曳引機操作甚為靈活，座位之視野也相當廣，可以看到作業情形。

由於農用曳引機之種類大小甚為分散，有時以噸數或馬力進行分級。大體而言，小型者為 10-20 馬力，重約 1 噸；中型者 20-50 馬力，重約 2-4 噸；大型者 50 馬力以上，重約 5 噸以上。

特殊用途之曳引機則如前述之耕耘機，馬力約在 10hp，但亦有達 15hp 者，在國內耕耘機均應用於田間犁耕，以兩輪為主。國外則以應用於割草為多，亦有乘坐型者，但均為四輪。另有果園型曳引機則是果園專用，其外殼常用流線型護蓋，且座位亦較低，以避免傷及果實或樹枝傷及駕駛者。

除以上所述之曳引機外，其他特殊曳引機則有四輪傳動曳引機及農具曳引機等，或有沿傾斜地之等高線行駛時可以適應坡形而使車身保持水平之專用曳引機。



圖 8.3 四輪曳引機



圖 8.4 果園型曳引機



圖 8.5 履帶型曳引機

8.7 未來的曳引機

未來的曳引機當然不能冀望它變成像跑車那麼快，但是它的穩重、舒適、操作方便，則是可以用預期的。未來的曳引機將著重在控制與作業資訊的傳遞，一般耗油量、打滑率、行進速度的資訊已廣泛應用在較現代化的曳引機上了，而播種效率、收穫狀況監視、噴藥量控制等等之應用亦是近幾年來的研究開發的目標。

無段變速的功能亦開始被採用，如此可以節省操作者不少不必要的動作（除非有些操作者仍然著迷於從前的方式）。未來通訊的發展亦將會很快應用到曳引機上，當然這裡所講的並不是收聽廣播等一類的東西。利用衛星定位(GPS)的方式，不久將曳引機上實現，只要將田區情況預先作安排，曳引機必可自動地沿設定的路徑前進，並可以決定到何時停止。到時，操作者不爽的話，走下曳引機來，抽根煙也無所謂。因為機器還是會照原訂計畫做完（那樣的話，花錢請操作員做什麼呢？）。

8.8 曳引機的性能

8.8.2 曳引機之工作

依工作之性質、狀況及目的等可有下列利用方式：

1. 牽引作業 利用曳引機之牽引裝置從事拖曳的工作，其中以犁耕為主。項目包括西洋犁、日本犁、耙、碎土器、耙土機、中耕器、施肥播種機及水田中耕除草器等。

2. 推進作業 如平土板、除雪板、中耕器安裝於曳引機體之前端或下腹部，從事向前推進之作業。

3. 行走驅動作業 如迴轉鋤、耕耘刀、入土用轉動鋤、培土器等可安裝於機體之後方，利用曳引機動力傳導裝置予以驅動，且曳引機同時行進者。另如收割裝置、噴霧器、鼓風機、散粒機、堆肥撒佈機等安裝或搭載於機體之前端或上方，當曳引機前進之同時配合驅動運轉者。

4. 車軸驅動作業 將曳引機兩車輪卸下，然後在該車軸上換裝各種型式之迴轉鋤而作碎土機之用；或在該車軸上換裝輓子以從事踏麥工作者。

5. 定置作業 將曳引機停止一處不動，而僅利用引擎上之皮帶輪，以驅動脫穀機、迴穀機、抽水機、動力鋸以及切碎機等之定置作業。

8.8.2 牽引力

曳引機之主要任務在於拖曳作業機械，故牽引力為其重要之性能之一。牽引力之發生係由引擎出力軸之扭矩轉換為車輪與地面接觸時對土壤摩擦阻力以及輪胎花紋對土壤之剪力所發生。其大小受曳引機之重量、型式、引擎出力、行走裝置之構造與土壤狀況等。

設牽引力為 F [kg]，其值可用公式計算：

$$F = \frac{\eta T}{100 \times R} \times \gamma_v$$

式中， η 為動力傳動之機械效率[%]； γ_v 為總減速比； T 為引擎扭力[kgm]； R 為驅動輪半徑[m]。

一般動力傳動之機械效率 η 約 70%，最高值可達 95%。由於上式僅計至車輪部份之牽引力，由於車輪與土壤間有接觸損失及滾動阻力，故實際之牽引力值 P 仍比上述 F 值為小。其比值 $P/F \times 100$ 約 60-70%，或稱為機械利益。

土壤之水分亦會影響上述值。一般土壤水分 15-16%時可以得到最大的牽引力。

8.8.3 牽引係數

牽引係數為實際牽引力 P 與驅動輪軸之荷重 W 之百分比。即：

$$\eta_{coeff} = \frac{F}{W} \times 100\%$$

橡膠車輪之牽引係數如表 8.1 所示。

表 8.1 輪式曳引機之牽引係數 (輪胎氣壓 0.48kg/cm²)

地面狀況	牽引係數[%]	打滑率[%]
水泥地面	66	5
乾燥黏土	55	16
砂壤土	50	16
乾燥細砂	36	16
石礫路面	36	5
牧草地	36	8

當曳引機負載增加時，車輪之打滑率也會增加，車輪因而發生空轉現象。打滑率(Slippage)為理論速度與實際速度之差，可用下式表示：

$$s = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100 = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100$$

式中， V_0 為車輪之圓周速度， V 為車輪之前進速度。輪式曳引機之打滑率如表 8.1 所示。打滑率亦可用來定義曳引機之前進運動效率，或稱為打滑效率 η_s ，其值為：

$$\eta_s = 1 - s/100 = \frac{V}{V_0}$$

8.8.4 牽引效率

當曳引機拖拉一農具時，經過拉桿所傳遞之出力即為拉力， F ，若行進速度為 V [m/s]，則其拉桿馬力(P_d)為：

$$P_d = \frac{FV}{75} \quad [ps]$$

設引擎之軸馬力為 P_s ，則牽引效率 η_t 即為 P_d/P_s 之百分比，或：

$$\eta_t = \frac{P_d}{P_s} \times 100\%$$

就車輪與地接觸的部份，由於車輪前進時具有滾動阻力，則上述之實際拉桿力 F 與行走機構所產生之推進力 H 之百分比稱為滾動阻力效率， η_R 或：

$$\eta_R = \frac{F}{H} \times 100\% = \frac{F}{F + R} \times 100\%$$

其中 R 為水平之滾動阻力。

若曳引機動力傳遞系統之機械效率為 η_m ，則曳引機之總牽引效率 η_F 應為：

$$\eta_F = \eta_R \eta_s \eta_m$$

圖 8.6 說明由引擎輸出的馬力消耗在各項損失及轉換為有效拖桿馬力間之分佈情形。在不同的操作環境下，曳引機之總牽引效率亦有很大的差異。例如：一 40kW 之曳引機若在良好的路面作業，其拉力為 23.6 kN。打滑率為 8%時則可提供 33.2 kW 拖桿馬力，其總效率可達 83%；反之，若在剛犁耕過之田地操作時，其打滑率變為 15%，其拉力變為 19.5 kN，拖桿馬力僅為 25.2kW，總效率降至 63%。

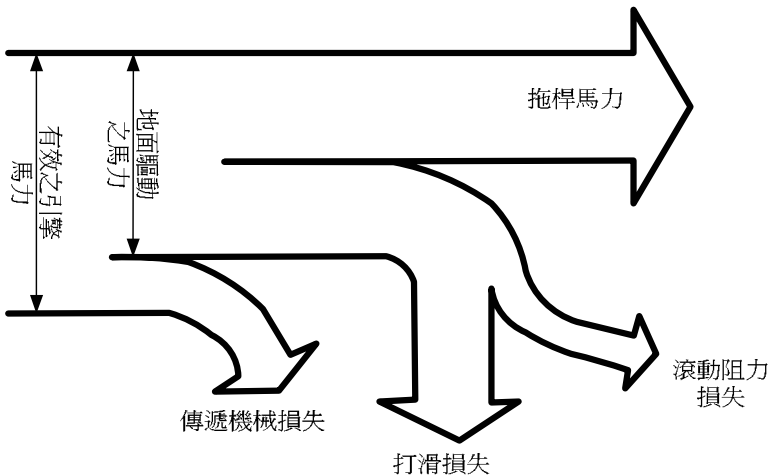


圖 8.6 曳引機作業體系之各項馬力損失

8.9 搬運機械

搬運是生產過程中最基本的作業。無論在農事作業或產業方面，資材之搬運是經常必須進行的工作，有時可能配合在生產過

程，有些則配合在銷售的活動之中。而農業方面，由於農業機械化之發展，搬運機械需求也日益增加，有些機械化的過程則完全由搬運機具串接而成，構成一個自動化之流程與體系。

8.9.1 搬運機具之種類

搬運作業依作業性質及作業區可分為簡易搬運機具、車輛運載機具及坡地果園軌道設施之搬運設備等。簡易搬運機具如推車、單輪及多輪動力搬運車等，可以在特定區域或園圃內進行搬運的工作。車輛運載機具則可作較遠距離之資材搬運，有些是適合山坡地環境之搬運車，有些則屬大型卡車。另外在山坡地坡度較為陡峭的地區，水果之輸送及搬運則採用固定軌道系統，或在水稻育苗中心以固定的空中輸送機作場內各項秧盤之搬運等，均屬定置型之搬運機具。

搬運物質之形狀不一，故如何有效率地進行運搬運工作，相當重要。其經常採取的措施包括：

1. 壓縮 將搬運之對象物經壓縮，使體積縮小，如牧草包、壓塊等，均必須經過處理後才能順利的運輸。
2. 包裝 採用袋裝或固定容器包裝，如花卉、種苗等，使其容易托運。
3. 細化 能夠經由細化或粉碎之資料先行處理，使其具有流動性，容易進出料。如狼尾草收穫時先經細斷，玉米採收時先行脫粒等等。
4. 節省能源 多採用省能源的處理方式，或利用其重量自然落下，如供給稻穀進入選別機等。
5. 動線合理化 適當選擇移動路線、搬運速度及機具，減短搬運機械之作業週期。

茲就各種可能應用之搬運機具分別說明如下：

1. 貨車

引擎排氣量 50cc、裝載量 3.5kN 之輕型貨車較富機動性，價

格亦較低廉，維護費亦低，故常作為近距離搬運用。這種機型可在園圃場內行駛，其速度可在 1m/s 以下低速行駛，因此可以跟隨收穫機作業。且由於此種車輛具 PTO，可以作為散佈作業之動力源。其在軟地及傾斜地行駛時，仍具有相當優良的性能。

2. 拖車

可以利用曳引機為牽引，具有四輪之拖車均具有 10-20 之傾卸功能，有些機型則可有三方傾到的機構，使月手時相當方便。有些機型可專門運送具有容器之農產品。容器因此可以堆疊，不會壓壞作物。

3. 牧草搬運車

一般牧草均需經細段處理，此種牧草專用車則備有輸送帶，可以直接卸料。另專為檢拾設計之搬運車亦可進行堆積搬運，以節省空間。堆積的牧草有壓縮成方塊，以整塊為單位進行堆積、搬運及下卸的作業。

4. 動力搬運車

具有一至四輪之動力搬運車適合於果園中作業；另六、八輪則適用於不整地、傾斜地及水田等。其裝載量為 1-1.5kN，八輪車則可達 10 kN。多輪式雖適合於不平地面，但因採用離合器，其操作方向較為困難；最近亦有改用油壓者。小型動力搬運車可以在溫室內作物料管理，也可開發成搬運機器人，使操控能完全自動化。

8.9.2 坡地搬運設施

山坡地果園均屬陡坡作業，其坡度約在 30 度，搬運作業除利用特殊機具外，亦有利用單軌設施者。這種單軌車沿地表面空中架設，使搬運車跨軌或懸掛行駛。由於其坡度有時甚陡，為安全起見僅能運載農產品，不能載人。其採用之動力有空冷二衝程汽油引擎(出力 2.2 kW)，動力經由變速並傳遞至驅動小齒輪，與單軌下側之齒條相嚙合，驅動車體前進。

車體之後方則屬載台，可以裝卸資材或農產品。此台有剎車裝置，可以控制下坡之速度，亦可使整個機台保持靜止，以供作業。此剎車並有緊急剎裝置，遇超速時可以自動剎車，以保障車體之安全。

除搬運功能外，單軌設施亦有沿果樹頂上架設者，如此可在軌道上安裝作業機械如剪枝機、噴藥機等，以進行管理與病蟲害防治作業。

8.9.3 移動桁架系統

移動桁架(Gantry)系統是一個可以進行軌道型移動之橫向桁架，利用其整個桁架之移動性可以在特定範圍內進行農事生產、管理、收穫及搬運工作。這種桁架系統之開發旨在以高效率的方式，就特定田區進行精耕。一般應用於溫室、育苗場及花卉繁殖場。

移動桁架系統具有兩種型式：即自走型與軌道型。自走行桁架或稱為寬跨距車輛型，由一具輪距很大的車體組成，可以利用動力自行在園圃中循一定路線行走，兩端可為車輪或履帶。歐美以旱作為主的國家應用甚多，其優點如下：

1. 減少曳引機在田間之碾壓，造成土壤的壓實問題。
2. 減少對作物之損傷。
3. 土壤在極為鬆軟或土壤水分過多之條件下，仍能繼續作業。
4. 資材、農產品、勞動力之搬運能力大、作業寬度大，可提高作業效率。
5. 適合於需要多人同時作業之工作。

軌道型桁架系統之桁架則在一定的軌道上移動，成為一種固定的設施，也利於自動化，甚至無人化之作業。其優點如下：

1. 可自動行駛，作定點控制，成為機器手臂之另一種變形。
2. 不論晴雨，均可作業，作業精度高。
3. 其動力可利用電力或太陽能。

軌道桁架系統廣應用於國內之水稻育苗中心，擔任苗箱之進出等搬運作業，又稱為空中或高架輸送系統。

8.9.4 移動桁架之構造原理

1. 自走型桁架系統

以履帶為行走裝置，由操作人控制。圖 8.7 所示為一台蔬菜專用之收穫桁架系統，其跨距為 9m、高度 0.62m、寬度 1.33m 全重 7kN 之自走型桁架系統。其履帶長為 3m，寬 0.5m。整個平台成為作業場所，為配合作業，整個跨距上置有六個堆高機構及三點懸掛架。採用 60kW 柴油引擎為動力，其系統完全以油壓控制。

這種工作平台屬多功能之型式。利用其作整地用途時，可以在桁架上之堆高機處各裝 45Kw 之引擎帶動迴轉式耕耘刀，進行碎土作業。至於播種、移植等作業則可將相關之機具在三點懸掛架上安裝，每次可以三行或五行同時操作，懸掛架可以在平台上橫向移動，以涵蓋整個區域之作業。若進行病蟲害防治作業時，則可在其上安置藥箱及高壓泵，噴藥桿則沿平台之橫斷面布置，一次完成全區之作業。收穫時則可在平台上裝設輸送帶，將收穫之農產品加以集中。

桁架之兩端各備有車輪，可以當作枕頭地橫向移動之用；當整台系統要在公路上搬運時，亦可以將兩端車輪同時放下，抬高履帶，由曳引機拖帶，其最高速度為 32km/h。

2. 軌道型移動桁架

日本曾研究使用 20m 跨距之軌道型桁架系統，可裝中耕機具、插秧機及聯合收穫機(77Kn)。以系統係以無人化為目標，用感測器、電腦等控制行走裝置及作業部之定位。圖 8.7 為其應用的例子。在單行作業行程中，可令桁架定位在該行之位置，該作業機具沿桁架方向移動，並進行作業。因此桁架的長度方向承受作業機之阻力。

國內在水稻育苗方面則採用高架輸送機，架設於水泥軌道上，其單一跨距有 25m 及 30m 者，可以串聯成更長的桁架。這種桁架以輸送育苗箱為主，每小時達 1000 箱以上。其結構是將兩條平行的三角皮帶裝設於桁架上，進行苗箱縱向輸送。桁架斷面呈梯型，上部寬度為 48 公分，下部寬度為 75 公分，高度為 43 公分。桁架可依照綠化場長度大小來進行多節串聯銜接。每節桁架均設有開關，可控制所有輸送帶運轉或停止，桁架兩端具有驅動輪，以馬達同步驅動做橫向移動。驅動輪行走於水泥砌成之軌道上，軌道寬度為 30 公分。由於此種搬運系統採用 X-Y 方向移動的原理，因此綠化場區塊需呈長方型或正方形，作業時方能涵蓋整個綠化場。圖 8.8 為高架輸送機系統。

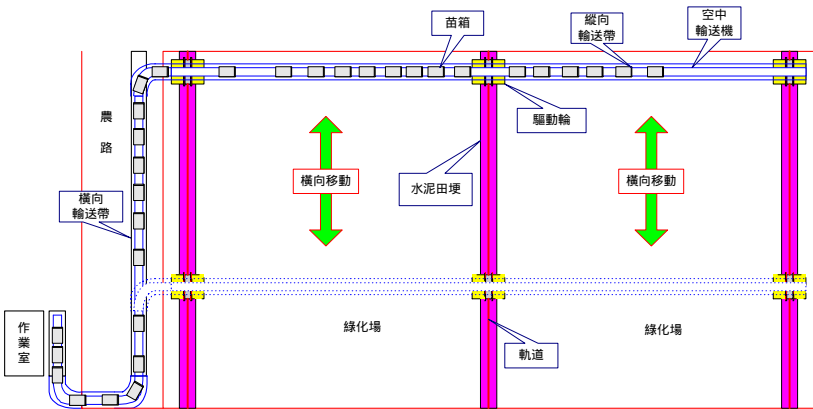


圖 8.8 高架輸送機系統



圖 8.9 育苗中心之高架搬運系統

3. 卸取箱機構

由於育苗中心之作業中必須將播種後之苗箱送至綠化場綠化，再將綠化之秧苗提出綠化場。因此國內有配合高架輸送機設計自動卸取箱機，其考慮點如下：

1. 具有固定載台：由於卸箱與取箱裝置具相當重量，且必須配合輸送帶作業，故在應用時須有固定的載台可以支撐。
2. 卸箱取箱功能應同時存在：卸箱與取箱兩個動作大略相同，方向相反，結合設計將能減少機構之複雜度，空間亦較為節省。
3. 輕便為原則：整套機械需裝置在移動載台上，必須輕便，以利在綠化場中移動自如。

圖 8.10 是根據上述原則所設計之往復式自動卸取箱裝置概念圖。苗盤每三盤一疊，自中間之運送機送來，經由中央夾持組合以輪替的方式，將其送至兩旁之升降夾持組合，再將之下降置放於地上。由於是三盤為一疊，故每次下降必須按順序將三盤分開平置於地面。當一側下降進行鋪設工作時，另一側之組合則升高至最高點，以等待由中央夾持機構將第二疊送至夾持組合中。

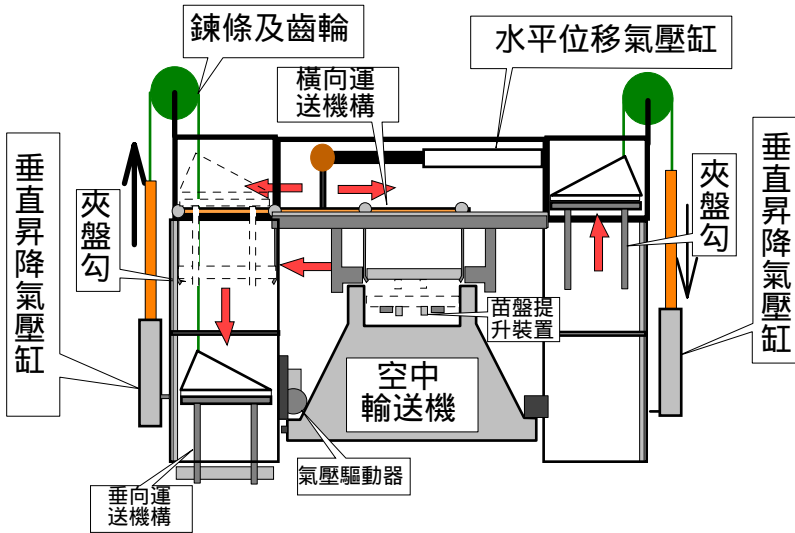


圖 8.10 往復式自動卸箱裝置動作流程示意圖