

土木工程機械

葉智編著



機械工業出版社

土 木 工 程 機 械

葉 智 編 著

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

機 械 工 業 出 版 社

1953

出版者的話

祖國的偉大經濟建設已經開始，全國將湧現出無數的工廠、水電站、水渠、礦場、海港、鐵路、公路、橋樑等巨大工程。在這些工程裏，土木施工必將逐漸機械化，因此，也將使用大量的土木工程機械。本書把各種土木機械的原理、應用、工效和配合等，作一廣泛的介紹，可供土木、水利、機械技術員工學習和參考。

編著者：葉 智 文字編輯：曾一平 責任校對：黃耀華

1951年11月發排 1952年5月初版 1953年2月第二版
書號0084-0-17 31×43¹/₁₈ 77印刷頁 3,001—8,900冊 定價16,600元(甲)

新華印刷廠(北京阜城門外北禮士路)排版

機械工業出版社印刷廠(北京孢子河甲1號)印刷

機械工業出版社(北京歷甲廠17號)出版 中國圖書發行公司總經售

序

土木工程機械的發展，是近三四十年的事，我國使用這種機械，爲時更短。目前，國內土木工程機械的數量不多，又沒有普遍使用，大家對這種機械的認識也還不够。因此，本人收集了一些材料，整理成這本書，希望能將土木工程機械作一廣泛的介紹，使大家明白它的原理和用途，以作將來大規模使用的準備。不過土木機械的種類很多，日新月異，實在不易一一討論；加以自己手中資料不全，多半是築路機械，所以本書內容也就偏重於築路的材料，這個缺點，希望日後能够補充修正。本書從 1948 年起就開始整理，去年曾經用作土木系的教材，並且修改了很多地方；今年又酌爲補充，始成現有的內容。

本書先講典型土木機械的原理，其次，講土木機械的應用，再其次，講配合問題及運用原則。關於原動力機的構造及原理方面的材料，因爲普通熱機方面的書上講的很多，讀者參考起來十分方便，本書都略去了。

本書中所使用的專門名詞，除一部份儘量沿用前機械築路總隊的譯名外，其他名詞則暫爲擬譯，待日後這一類名詞公佈後，再行改正。書中所用的各種單位儘量用公制。但在若干特殊情況下，例如介紹若干類型的機械性能，則暫用英制。

書末的附錄裏，列出許多數據，可供讀者參考。

本人時間和經驗均感不足，書中疏忽的地方一定很多，希望讀者多多指正和批評。本書曾得許多同志和老友的幫助，特在此誌謝。

葉 智序於清華園 1961 年 3 月 29 日

目 次

序

一 緒論	1
二 土木工程機械的原理及基本土木工程機械	6
1 基本原理	6
2 曳引機和推土機	14
3 壓實機械	23
4 起重機械	27
5 碎石機械	34
6 空氣壓縮機及空氣工具	38
7 打樁機械	45
8 混凝土機械	47
9 水力機械	48
10 輸送機械	54
11 木工機械	58
三 土木工程機械的應用	60
1 清除地面	60
2 土方工程	67
3 石方工程	73
4 碎石工程	78
5 柏油工程	85
6 混凝土工程	87

7 隧洞工程.....	92
8 打樁工程.....	93
9 疏濬工程.....	96
10 運輸設備.....	98
四 土木工程機械的配合問題.....	102
1 了解情況.....	102
2 訂立計劃.....	104
3 檢查工作.....	105
4 配合機械的幾個重要機構.....	106
5 總結.....	108
五 土木工程機械的運用原則.....	109
1 分工.....	109
2 熟練和勞動強度的問題.....	110
3 新技術方法和合理化建議.....	111
4 工效.....	111
5 工程計算例題.....	116
六 發展土木工程機械的幾個問題.....	123
附錄 1 各種機械工作效率試驗表	134
2 曳引機重要性能表	135
3 築路機械用途一覽表	136
4 影響運輸機械之各因素	144
5 壓縮空氣工具的工作量	145
6 土壤體積換算表	145
7 單位換算表	145
主要參考書目	146
中外名詞對照表.....	147

— 緒 論

毛主席在‘實踐論’裏告訴我們：“馬克思主義者認為人類的生產活動是最基本的實踐活動”；“人類社會的生產活動，是一步又一步地由低級向高級發展”。土木工程也不例外，近三四十年來，世界上許多工業發達的國家，都逐漸用機器担任挖填和鋪壓的工作，用內燃機和蒸汽機代替了人力和畜力，使建築的方法向前跨進了一大步。這種生產力發展的結果，不但縮減了許多工作時間，節省了無數的人力和物力，並且由於施工有高度的計劃性和組織能力，許多巨大的工程，也可以在短時間內迅速完成。原因何在？簡單說來，就是土木工程機械化的緣故。

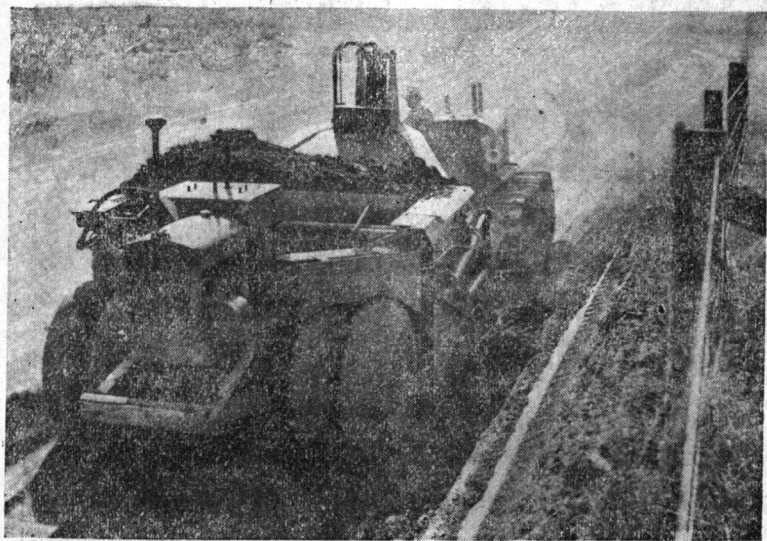


圖1 土木機械工作情形——12立方碼鏟運機

“土木工程機械”(簡稱土木機械)是土木工程裏使用的機械的總名。在修築一切現代化的鐵路、公路、橋樑、船塢、水壩、海港、飛機場以及進行開山採石、疏濬河道、興修水利、修建各型工廠、城市建設等工程時,均以機械為主,配備以極少量的人力,做管理、修配、駕駛、操縱等工作。因此土木機械的範圍是廣泛的,種



圖 2 土木機械工作情形——推土機

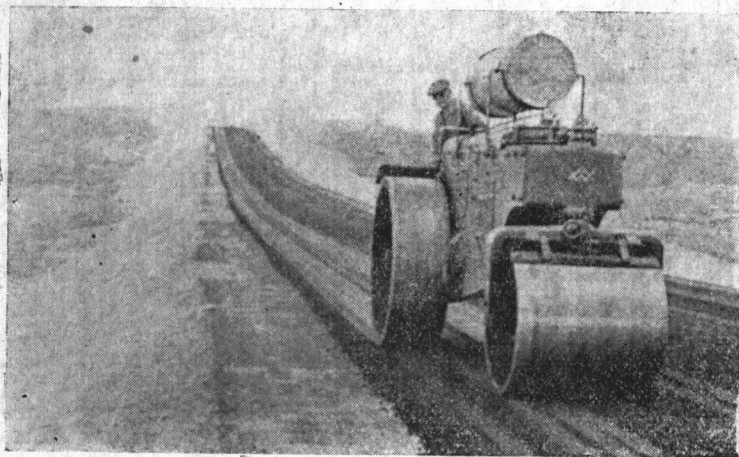


圖 3 土木機械工作情形——壓路機

類極多，這是土木工程和機械工程共同開闢的一個新的領域。目前因為我國尚未普遍使用這類機械，所以大家多少有些陌生；但它將來的發展是必然的，故作者在以下各章將土木機械的概況、原理、類型及應用作一廣泛的介紹，使大家明白它的重要性；另一方面在基本瞭解上打下基礎，以作日後運用和深研時的參考。

土木機械的重要性和優越性 任何工程在建築的過程中，必需經過勘測、規劃、設計、施工佈置及施工等幾個時期。在這全部過程中，當然前三個時期的重要性比較大，但是所耗的勞力却遠不及後者，也就是說經濟的比重以施工為最大。若我們能在施工的階段裏，提高效率，增加速度和降低成本，整個工程的投資數目和完工日期都必然可以減少。因此我們應當從以下幾個觀點來認識和比較土木機械的優點和重要性：

(1) 節省人力——以推土機為例，一部 D_7 推土機每日工作8小時，在70公尺的運距內，每日可以挖方或填方500立方公尺，相當人力約300人（每人每日以1.5立方公尺計）。其他機械也相類似。故普通一工程若配備100部各型土木機械，其工作能力可相當數萬人工。這樣衆多的人數動員起來，生活的供應，技術的水平，是有困難問題的；但若改用機械，則只需極少數的人工配備即可，上述所有的困難問題自然就不存在了。

(2) 工作迅速而精確——因人工常受地面面積的限制，人數不能無限制增加；而在同一面積和同一時間內，機械的作工數量和速度，人工是無法相比的；故使用機械不但能力大，而且可以爭取縮短時間。



圖4 人工搬運泥土



圖5 人工修築路面



圖6 人工篩石



圖7 人工築路

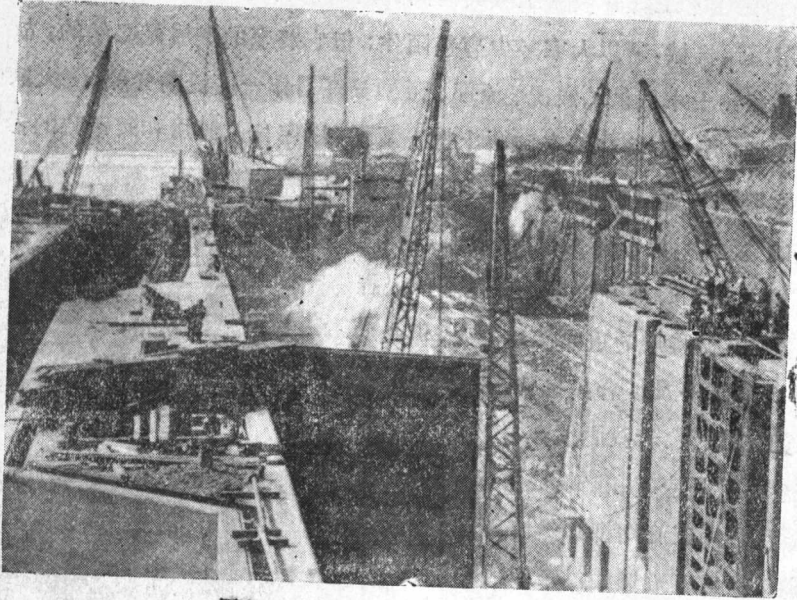


圖8 土木機械工作情形——水壩工程

(3) 成本低廉——機械有迅速及節省人力的特點；加以機械堅固，不易損壞；油料、燃料及配件可以有計劃及廉價地供應，所以成本恆較人工便宜。

(4) 威力極大——人力不能完成的工作，機械往往可以做到。例如吊一5噸或10噸重的機械至四樓或七、八層樓的建築中去，用人工是極難做到的，而使用機械是輕而易舉的事。

由上各點即可見到土木機械的優點是很值得重視的。故在我們建設新中國的艱巨的和偉大的事業裏，土木機械無疑地將佔一重要的位置。

先進的經驗 1950年1月7日北京人民日報在蘇聯工業集錦欄中報導說：“一九四九年用挖掘機、剷土機、開路機、掘溝機、水力機等所作的土方數量，比一九四八年增加很多，再過幾年，土方工作就可以完全機械化，完全不用人力勞動”。接着1951年3月2日人民日報在“又一個偉大的共產主義建設工程”的通訊裏又報導說：“提前兩年完成伏爾加河——頓河運河的工程……運河、蓄水池、水渠等都是浩大的工程，爲了建築上述伏爾加河和頓河的航線和第一批灌溉十萬公頃土地的水渠，就得挖掘一億六千四百萬立方公尺的土方，打下二百八十六萬立方公尺的混凝土和鋼筋混凝土，建築工程是高度機械化的，各主要工程機械化的

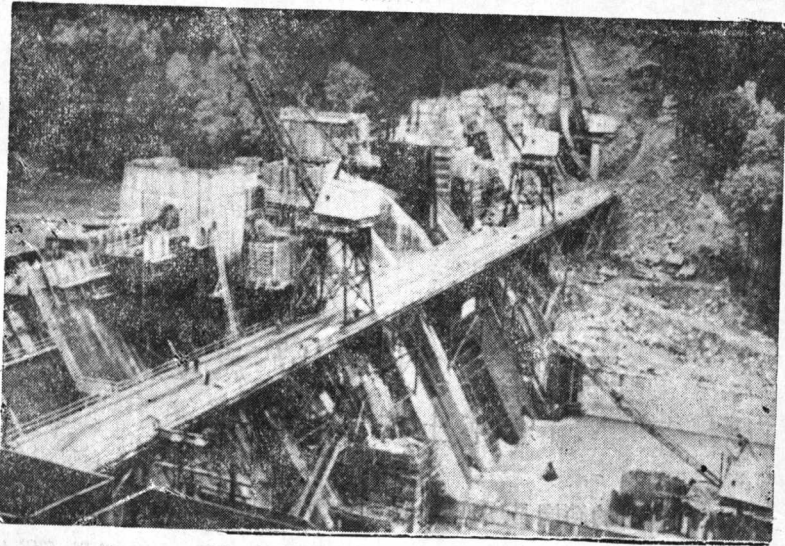


圖 9 土木機械工作情形——水壩工程

程度達百分之九十，挖土工程機械化的程度達百分之九十七”。

由這兩篇報導裏，我們可以看到友邦蘇聯的巨大力量，也可以看到他們能够從事這些事業和浩大的工程的原因；很明顯的，由於在社會主義制度下生產力的高度發展，即高度機械化的緣故，才有進行這樣浩大工程的可能。關於蘇聯使用土木機械的發展情形可參看表 1。

表 1 歷年蘇聯使用機械的百分比

工 程 類 別	1930	1940	1946	1947	1948
土 方 工 程	10%	31%	46.6%	52~55%	65%
採石及石方工程	8~10%	40.3%	66%	70~74%	81%
柏油鋪路工程	0	0	22%	30%	35%

由這表裏可以看到他們在二十年前也還是十分落後的，到 1940 年才開始大力發展，在這短短的十年內，土木機械的進步是飛躍的。當然，土木機械的發展是在重工業的建設基礎上才能穩固和健全，要有強大的生產力，大量的使用土木機械才有可能。我國目前雖有幾千部築路機械，和有相當數量的他種土木機械，但是使用尚不够普遍，數量上也實在太少，要發展到蘇聯那樣強大的生產力，還需要一段時間和路程。不過有蘇聯的許多設計和製造的經驗以及先進的工作方法，以後我國在這方面會得到很快的發展是可以斷言的。

二 土木工程機械的原理及 基本土木工程機械

土木工程包括的範圍是廣泛的，例如土方工程、石方工程、混凝土工程、柏油（或瀝青）工程等；又例如鐵路工程、公路工程、建築工程、水壩工程、隧洞工程、機場工程等。這許多類型不同的工程的工作方法、目的、規模、材料，以至於施工程序均不相同，爲了要有效地、經濟地來運用機械完成任務，土木機械也有許多不同的類型，以適應各工程的特殊性質和目的。在這千百種的土木機械中，每類或每一種機器都有它的特殊功用和機構，要想對各型機械全都了解，這是不可能的；我們只能就幾類典型的機械來說明它的基本構造和工作原理，使讀者對土木機械有個全面的和基本的了解，以作日後配合使用、設計或研究時的參考。

1 基本原理

在上述的許多工程中，最基本的工作方法，無疑的是土方（或石方）的挖填和壓實的工作，因此用以完成這些工作的機械，也即是土木機械中最基本和最常用的機器。至於其他如柏油工程、混凝土工程等使用的特種機械，除在特種工程裏應用外，其他使用的機會不很多。

既然工程中最基本的工作方法是挖土、填土和壓實工作，但如何能使機械達到這些目的呢？我們首先來研究挖土的方法。

我們知道，在田地裏可以用一匹馬或一頭牛拉着一只鐵製的犁把土挖鬆；換句話說，我們是利用牛或馬的曳引力，即向前拉的力量，使犁能隨着前進將土挖起來；然後用人手或簍子將土盛入容器內，用肩挑或抬到需用的地方倒出來。這

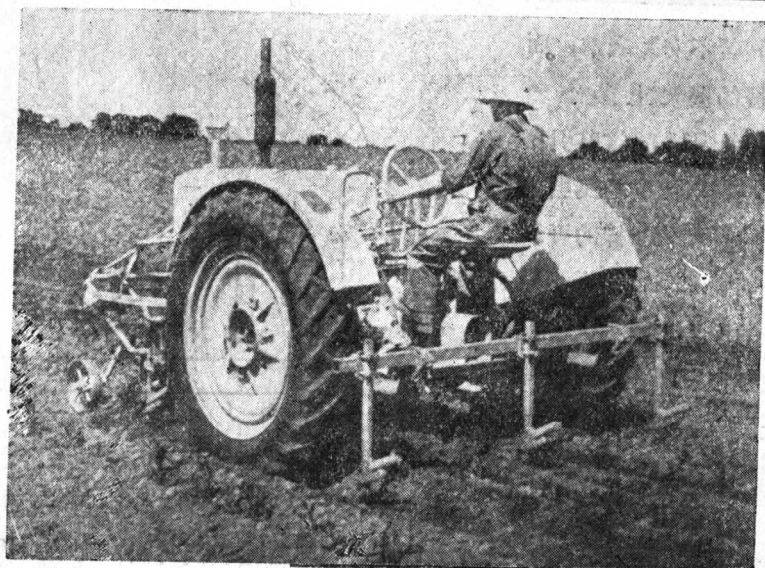


圖10 農業曳引機

是我們熟習的方法，也是人類未利用機械動力前的工作方法；它是速度緩慢的，而且是一種艱苦的工作。

假如我們現在使用一部裝有內燃機或蒸汽機的機械，例如汽車或曳引機，讓它代替那匹馬或那頭牛拉着一只犁前進，我們將發現泥土是一樣地並且輕而易舉地挖了起來；假如我們加上兩只犁，三只犁或更多的犁，它仍可以拉得又快又好。為什麼呢？這是因為一匹馬只能拉它本身重量的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{8}$ 的重量，假使一匹馬的速率是每小時 4 公里的話，一匹一千磅體重的馬只能有 0.67 至 0.83 的馬力，而我們所使用的曳引機中最小的如 D₄ 型（在土木機械中認為是最小的），它的拉桿馬力^①是 35 馬力，相當 1000 磅重的馬 40 至 50 匹的拉力。現在假如我們的工作深度及情況不變，則這曳引機上，可裝置 40 只至 50 只犁同時工作；這樣只需要一部機械和一個人，就可以抵得 50 個人和 50 匹馬的工作，在成本和時間上自然經濟得多了。現在再假設我們不用 50 只犁裝在這部曳引機上，而換上一只或數只大而深的犁，我們發現它一樣可以挖出用 50 匹馬能挖出的泥土來，而且比馬挖得又快又整齊；因此這種機械在農業中被用作主要的工具。

① 拉桿馬力 = $\frac{R(\text{磅}) \times V(\text{呎/分})}{33000}$ ；或 = $\frac{R(\text{公斤}) \times V(\text{公尺/分})}{60 \times 75}$ 。

我們若不安裝鐵犁，而在曳引機的機架上裝上一把大刀（如圖11），當曳引機前駛時，利用機器的曳引力（或推力），和犁一樣的可以將泥土切削起來；這樣不僅挖起來的泥土量多和速度快，並且可利用刀面將一部份泥土推至需用的地方（距離不能太長），既省去搬運的麻煩，又可得到一個整齊的

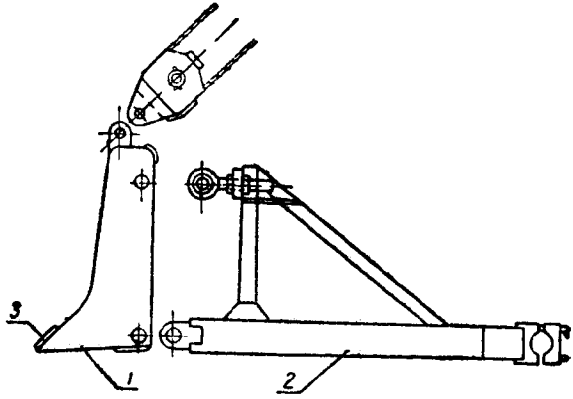


圖11 刀片、托架和托盤

1 托盤 2 托架 3 刀片

工作表面，省去了不少的時間和勞動力；這樣的機械我們叫做推土機。因為這種機械的用途很多，可以挖土、填土、清除障礙物等，使人們知道了利用機械的好處，於是許多別類的機械也在這個基礎上漸漸的發展了起來；又由於建築技術的日新月異，工程的種類越來越多，為了適應各種不同的要求，提高工作效率和降低成本，經過無數次的改良、設計和研究，形成了現在我們所看到的許多不同式樣與不同功用的土木機械。

功、功率和力矩 在正式討論到土木機械的構造和原理前，功、功率、效率、力矩等機械基本名詞和概念應先了解，才能知道它們的工作原理。

(1) 力——力的定義是：“凡能改變（或有改變的趨向）物體靜止狀態的作用”。工程裏使用的力的單位是公斤或是磅。

(2) 功——物體克服一種阻力而移動一定的距離時稱為做功，例如舉升一重物，或曳引一物體前進都是做功。它的計算單位是公斤公尺，或是呎磅。現以 s 代表移動距離， F 是作用力，則功 W 等於 F 和 s 的乘積，即：

$$W = F \cdot s。$$

(3) 功率——每單位時間做功的多少謂之功率。以時間 t 除功即得功率，單位是 公斤公尺/時（時間或用分、秒）。由定義即可知道，做同樣的功，完成時間短者功率大，反之則小。機械的功率係以馬力計算，每 1 馬力等於 74.6 公斤公尺/秒或 550 呎磅/秒。例如一工人用絞盤舉升一 100 公斤的重物上升 100 公尺，則此人

所做的功爲：

$$W = F \cdot s = 100 \times 100 = 10,000 \text{ 公斤公尺。}$$

但他做這工作時，共花了 10 分鐘。若用一部發動機傳動絞盤，只需 5 秒鐘就夠了。二者功率的計算如下：

$$\text{工人的功率} = \frac{10,000}{60 \times 10} = 16.6 \text{ 公斤公尺/秒} = \frac{16.6}{75} = 0.22 \text{ 馬力；}$$

$$\text{發動機的功率} = \frac{10,000}{5} = 2000 \text{ 公斤公尺/秒} = \frac{2000}{75} = 26.7 \text{ 馬力。}$$

故機械比工人的功率大 120 倍。

(4) 力矩——可使軸或輪迴轉的作用叫做力矩，以呎磅或公斤公尺爲單位。力矩等於作用力乘上力矩半徑，現以 P 代表切線作用力， R 爲半徑，則力矩用下式表示：

$$L = PR。$$

例如一內燃機的氣缸內氣體膨脹的壓力作用於活塞上，氣體的壓力即自連桿傳至曲軸梢，產生一使曲軸旋轉的力矩。這力矩經變速箱，傳動軸而至車輪（如汽車）或其他從動部份（例如起重機的絞盤，曳引機的履帶驅動輪，碎石機的顎板偏心軸等），後者即可利用這力矩對其他物體做功。這功的大小可用下列各式求出：

$$\text{軸每轉一周做的功} = 2\pi \times \text{力矩} = 2\pi PR，$$

$$\text{軸每分鐘迴轉 } N \text{ 次，故功率} = \frac{2\pi NPR}{75 \times 60} = \frac{NPR}{715} \text{ 馬力。}$$

和力利用槓桿改變大小一樣，這力矩的大小可用齒輪來改變大小；例如經過一加速齒輪系則力矩減小，經過一減速齒輪系則力矩加大。但這裏必須注意，加大力矩並不是增高功率的意思；相反的，動力傳動系列中的軸承摩擦和齒輪間摩擦均損耗了相當的功率，故計算出來的功率比原來還要小些。這二者的比例，我們普通稱爲機械效率，以 e 來表示。現以：

$$Q = \text{在 } N \text{ 轉速下之引擎力矩，單位是公斤公尺；}$$

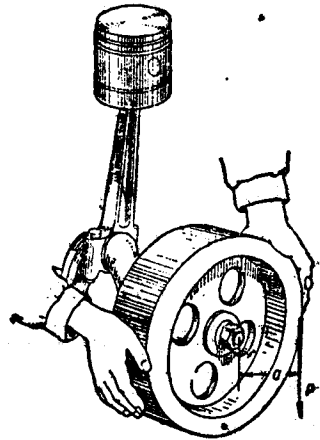


圖12 力矩
力矩半徑= R 切線力= P

N = 每分鐘引擎轉速；

r = 齒輪系之齒輪比；

e = 機械效率；

P = 引擎之馬力數。

則有以下之計算公式：

$$P = \frac{2\pi NQ}{75 \times 60}$$

$$= \frac{2\pi NQ}{4500} = \frac{NQ}{715} \text{ 馬力；}$$

$$Q = \frac{715P}{N} \text{ 公斤公尺；}$$

終力矩 = Qre

$$= \frac{715 \cdot P \cdot r \cdot e}{N} \text{ 公斤公尺。}$$

(5) 引擎馬力和曳引機馬力——引擎的馬力可分為指示馬力、制動馬力及摩阻馬力三種。指示馬力是氣缸內氣體對活塞所產生之功率，可由示功圖求出。制動馬力是引擎飛輪或皮帶輪上所產生之馬力，可用測功器求出來。這二者之差即是摩阻馬力；它是引擎內部各運動機件消耗之功率。用公式表示出來是：

指示馬力 = 制動馬力 + 摩阻馬力。

曳引機的馬力多以引擎的制動馬力和拉桿馬力同時表示。後者是曳引機拉桿上所發生之功率，等於引擎之制動馬力減去曳引機底盤內部各運動部份損耗

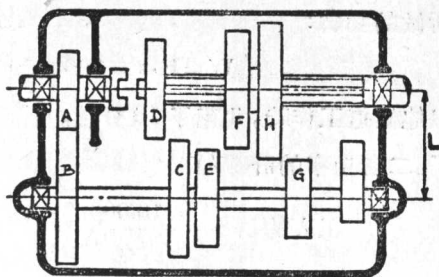


圖13 變速箱

以 A, B, ... 代表箱內齒輪齒數

頭檔 $r = \frac{B \cdot H}{A \cdot G}$ 二檔 $r = \frac{B \cdot F}{A \cdot E}$

三檔 $r = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$ 四檔 $r = 1$

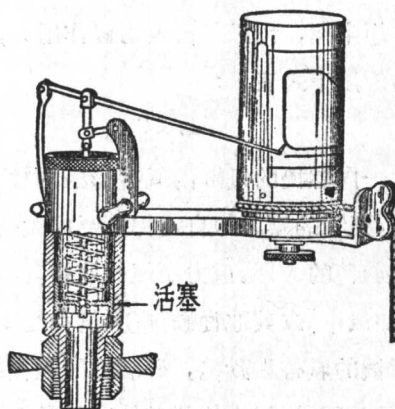


圖14 示功器——用以測定指示馬力

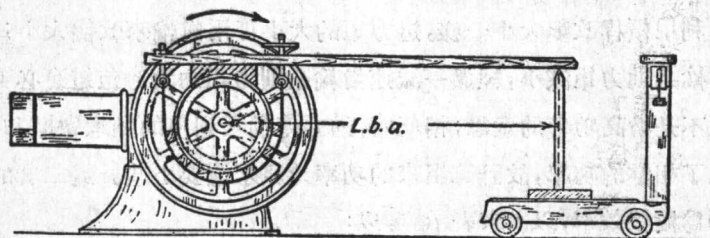


圖15 測功器——用以測定制動馬力

的功率。在計算曳引機曳引力大小時，一般僅用拉桿馬力，而不計算制動馬力。

曳引力和阻力 曳引力是曳引機向前拉行的力量，等於與機械行進方向相反的諸阻力之和。這些阻力有：

- (1) 車輪(或履帶)和地面發生的摩阻力；
- (2) 機械上坡時的阻力；
- (3) 曳引其他機械或推土之阻力；
- (4) 空氣對曳引機之阻力；
- (5) 加速阻力。

這五項阻力中，對曳引機來說，以前三項最為重要，(4)(5)兩項數值都相當微小，故不討論。曳引力的計算通常有兩種方法：一種是從所需要克服的阻力來求曳引力，另一種是從引擎發出的力矩來計算曳引力，現分別討論如後：

曳引機或汽車若要開動，履帶驅動輪或汽車車輪上的曳引力必須等於上述的各阻力之和，才能繼續以等速行駛。而行駛的速度却根據發動機和齒輪系統的齒輪比決定。例如小馬力的引擎經過適當的減速裝置後，亦可放在汽車或曳引機上使用，只不過前進速度極慢而已。若仍用大馬力引擎，在同樣曳引力的情況下，速度可以增加很多。因此我們知道，引擎的力矩可因變速箱不同的設計而改變大小，故變速箱的主要目的是：當引擎功率一定時，可以減低車輛或曳引機的速度，以增加曳引力。

觀以 $T = \text{曳引力, 公斤;}$

$v = \text{車速, 公尺/分;}$

$V = \text{車速, 公里/時;}$

$$\text{則 曳引力需要之功率} = \frac{Tv}{60 \times 75} = \frac{1000 \times T \cdot V}{3600 \times 75} \text{馬力} = \frac{T \cdot V}{270} \text{馬力。}$$

上式中的馬力是拉桿馬力，若曳引力和速度一定，拉桿馬力即可求出。曳引機傳動系統的摩擦損耗是功率 e (平均起來 $e = 86\%$)，齒輪比是 r ，故希望引擎發出的馬力(即制動馬力，以 B 表示)是：

$$B = \frac{TV}{270 \cdot e \cdot r}。$$

現若引擎馬力數已知，可求出車輪之曳引力：

設 $Q = \text{引擎在 } N \text{ 轉速下之力矩}$