

科學圖書大庫

機械原件學(三)

(傳動篇)

譯者 王大倫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

機械原件學(三)

(傳動篇)

譯者 王大倫

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年五月三十日初版

機械原件學 (三) (傳動篇)

基本定價 6.20

譯者 王大倫 金屬工業發展中心副總經理

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者序

機械原件學爲工程設計之基本知識，吾國工業發展至現階段，設計人才之培育實爲刻不容緩之急務。自第一冊基礎篇完成忽已半載有餘，因之本冊傳動篇，自應早日付印，以配合大專課程及工程界人員之需要。在倉促之際難免錯誤，尚請讀者不吝指正爲幸，適逢總統 蔣公九一誕辰前夕謹此奉獻以爲紀念。

王大倫 六十六年十月卅日

序 言

最近在機械設計一門之中，對傳動工程部份之研究愈顯重要。因之對傳動機件之研究與發展亦多深加注意。在機械原件學課程中對傳動機件亦以更新之觀點加以討論，務使學者在簡短之敘述中，得獲其最重要之精髓，但在傳動工程與傳動機件兩者關係之涵義上並未確切分明，遂加編導言一章予以闡明，並加廣泛之討論與列舉參考資料，以資印證。

在廣泛之傳動工程主題下，欲為大學及工業專科學校使用之課本，作簡短之敘述，自非易事，因之曾邀請國內各大學教授及若干研究的專家共同編撰，以求週詳，但為全部各章節得均勻性之分配，祇能取其精華部份，依各人之經驗與最近進展之情況提出之。

對各章著述之筆調自無規定之必要，蓋恐有失其主觀之重要性，學者亦藉之可獲識各不同著者之特有性格。

在此謹向各參加著述之同仁申謝其合作之誠，且亦代表出版者同此誌謝

教授工學博士 St. Fronius

目 錄

譯者序

序 言

第一章 傳動工程學與傳動機件

- 1-1 傳動工程學之問題..... 1
- 1-2 原動機器與工作機器間之配合..... 1
- 1-3 能量之傳遞，變換與存貯，依機器位置就地配合..... 14

第二章 軸與銷

- 2-1 概 論..... 19
- 2-2 直型軸銷之設計..... 21
- 2-3 設計準則..... 65
- 2-4 軟 軸..... 68
- 2-5 有關標準之目錄摘要... 70
- 2-6 參考資料..... 70

第三章 密封層

- 3-1 概 論..... 71
- 3-2 靜止縫之密封..... 74
- 3-3 對縱向滑動之密封處理..... 78

- 3-4 對旋轉滑動件之密封... 86

- 3-5 有關標準之目錄摘要... 93

- 3-6 參考資料..... 94

第四章 軸承及其潤滑

- 4-1 基本問題..... 95
- 4-2 滑動軸承..... 110
- 4-3 滾軸承..... 170
- 4-4 參考資料..... 267

第五章 軸聯接器及刹車

- 5-1 軸聯接器概論..... 270
- 5-2 對旋轉為固性之固定式接軸器..... 270
- 5-3 對旋轉為固性之可推開式軸聯接器..... 275
- 5-4 同步型可控制式聯軸器 280
- 5-5 非同步型可控制式聯軸器..... 284
- 5-6 自控式聯軸器..... 294
- 5-7 旋轉彈性式聯軸器..... 299
- 5-8 刹車器概論..... 320
- 5-9 摩擦式刹車器..... 320
- 5-10 流體式刹車器..... 337

第六章 齒輪及齒輪傳動機構

6-1	概 論	342
6-2	齒形幾何學	343
6-3	齒形之產生	379
6-4	齒形之公差	380
6-5	齒輪之計算基礎	382
6-6	齒輪傳動機之效率及發 熱	424
6-7	齒輪傳動機之造型準則	425
6-8	齒輪傳動機之潤滑	427
6-9	有關標準之目錄摘要	428

第七章 繞帶傳動

7-1	傳動工程之任務	431
7-2	皮帶傳動	433

7-3	鏈條傳動	466
7-4	有關標準之目錄摘要	512
7-5	參考資料	513

第八章 無段變速傳動機

8-1	傳動工程之任務	514
8-2	調整幅度及調整特性	515
8-3	由剛體組成之無段變速 器（摩擦輪）	518
8-4	計算例題	543
8-5	參考資料	546

德文名詞中譯

中文索引

第一章 傳動工程學與傳動機件

1-1 傳動工程學之問題

在機械工程學中最常遇之問題為兩種不同機器間之連接方法，如在一原動機器與另一工作機器間之連接，不論後者為使材料變換性質或形狀或為使材料變換其位置者，對各不同機器所需之特性要求自各不同，但在已知之條件下應尋求其連接之效果良好，效率高噪音低，不產生振動者為尚，在解決此項問題時，可有衆多之機械原件以供選用，此即為目前所稱傳動機件之範圍，而在尋求有利方法以解決此項傳動問題之研究，即為傳動工程學之內容

為介紹此新鮮之定義而避免誤解之發生，應先將要義予以提述。在傳動工程學中乃以問題中如各種機械原件間，以及整體性與有關之原動機器、管路等方面相關聯部份，予以統籌配合而求出其有利之解答，一般而言常有相關之兩項重要問題有待商討，茲予簡述如下：

1-2 原動機器與工作機器間之配合

所謂原動機器與工作機器間之配合問題，乃指在以現有之原動機，使用傳動機件以與工作機器（常為多數集成之組合）相連接，而能依預定之起動條件下完成任務，並在正常運轉中獲得最佳之配合與最高之效率。在此亦須設法避免噪音與振動之發生，此外為某種工作機器有需要某種適宜之起動特性，必須由某種理想之原動機器及特別之傳動機件方能完成者，並能在正常運轉時亦可獲得有利之效率。除上述各項特殊要求之外，自以價格低廉，佔地小重量輕者為尚。

在以往對上述各項問題，常由實際操作時之經驗數據等作為參考，但在技術高度發展之今日，對多種特殊要求上，已顯感不足應付。因之對該種傳動工程上之要求常須作理論上之分析，並利用現代電子數值計算及資料處理等方法以為助。在實施上亦須彙集不同特性之機器資料，並擬訂一簡單之模式而行計算，祇有使用相同之模式，可將之推算於待決之問題上。因之有關

2 機械原件學

配合之問題，應先自擬訂之草圖出發應用簡單之代表符號，表示其全部機器間之關係與要求，然後依已知之模式進而求其適用之解答。

圖 1-1 示一簡單之機器裝置，表示其原動機器與工作機器之間係在直線上相連接者。

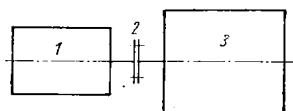


圖 1-1 最簡單之傳動裝置

1 電動機；2 聯軸器；3 工作機械

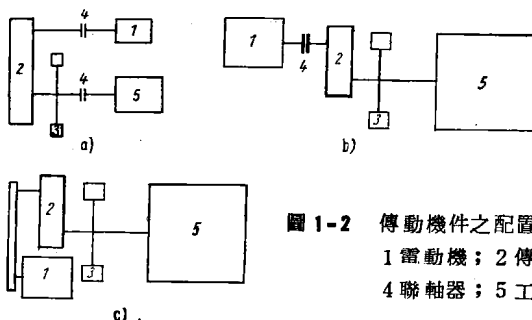


圖 1-2 傳動機件之配置可能性

1 電動機；2 傳動器；3 飛輪；
4 聯軸器；5 工作機械

圖 1-2 示較為複雜之情況，一工作機器係經由一傳動機構與一原動機器相連，其中包括有轉矩與轉速變換之減速器與為配合能量變化要求之飛輪一枚，在此亦可見因其佈置位置上之需要，裝有聯軸器，在圖 1-2a 中示原動機器與工作機器裝在傳動機構之一邊者，圖 1-2b 示裝在傳動機構之兩邊者，圖 1-2c 示為在原動機器上除傳動機構而外更裝有皮帶傳動者，在分析及配合機器相關資料時，此種簡圖頗為有用。

在進一步分析工作機器與原動機器之特性資料時，常需各該機器之特性曲線以及在起動情況下對各機件所產生之影響。在求得最有利情況之前亦必須以各種不同之特性曲線加以比較。

原動機器（此處常指電動機）與工作機器之不同種特性曲線有如圖 1-3 至 1-5 所示，對其如何配合額外要求之實現，尚有如下文所述之進一步分析，亦屬重要。

圖 1-3 示一直流並聯式電動機之特性曲線為(a)，一直流串聯式電動機之特性曲線如(b)及一三相交流感應式電動機之特性曲線如(c)。各圖中均示出其轉矩與轉數間之關係以及其轉矩與電流間之關係，二者均屬重要之資料，在

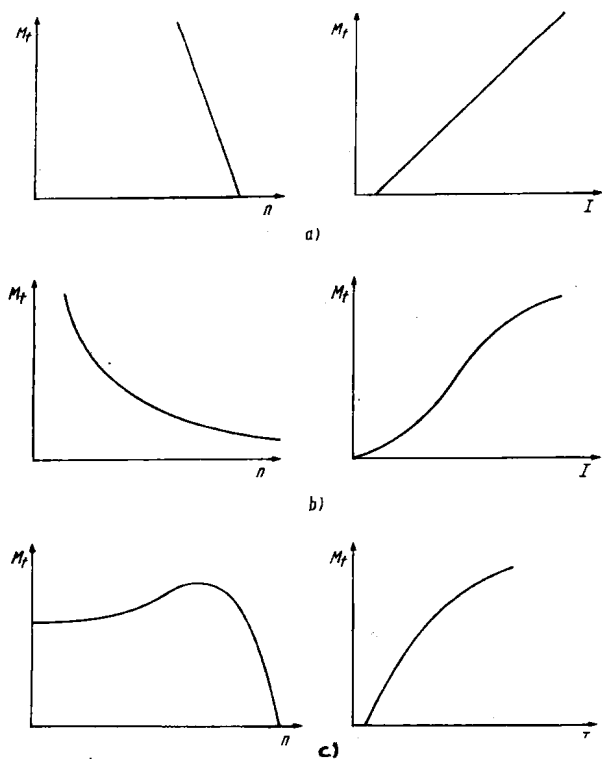


圖 1-3 電動機之特性曲線
a) 直流並聯式電動機；
b) 直流串聯式電動機；
c) 交流感應電動機。

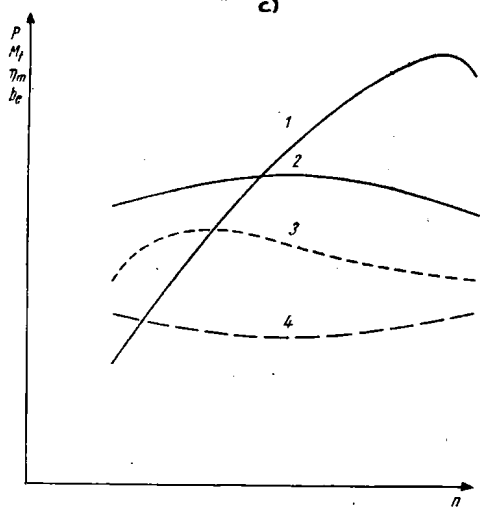


圖 1-4 柴油內燃機之特性曲線
1 功率 P ；2 轉矩 M ；
3 機械效率 η_m ；4 燃料
耗用量 b_e 。

傳動工程學中特別對轉矩與轉數間者尤為重要，而轉矩與電流間之關係，亦為配置電路時所憑為依據之資料。

圖 1-4 示一柴油原動機器之功率、轉矩、油料耗用以及機械效率與轉數間之關係。

在傳動工程學中除上述之轉矩與轉數關係外，尚應注意其效率之變化或其每工作（能）量單位之油料耗用量，蓋此為與運轉之經濟性有關，自為工程上重要問題之一。

圖 1-5 示三種不同之聯軸器所能傳遞之轉矩容量。左方圖中之 1 為一種感應式電氣聯軸器之轉矩與滑速（Schlupf，常用百分數表示出與同步轉速間之差額）特性曲線，其中之 3 則為一種多數疊片所成之磨擦式聯軸器者，而右方圖中之 2 為屬於一種離心式聯軸器轉矩與轉數之特性曲線，其中之 1 則亦為疊片摩擦式聯軸器者。

有關工作機器上之特性曲線則將於下文舉例中隨時提及之。

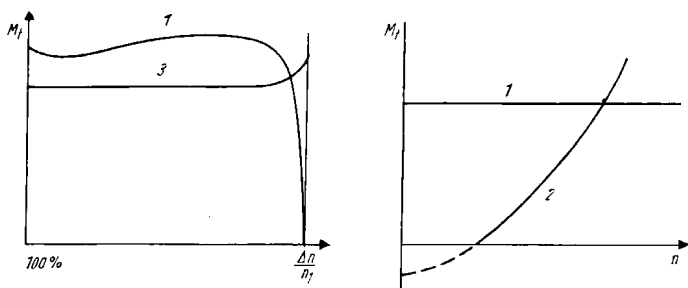


圖 1-5 聯軸器之特性曲線

當一電動機與工作機器之特性曲線為已知，而欲使其二者相配合連接之問題，其第一重要之部份則為其起動時之需要情況。欲使配合適宜而成為理想，實非簡易之事，而須由多方面予以分析考慮之。其主要者為使電動機之能量充份發揮而利用之，最好自以即使在起動加速之情況下，電動機仍有相當固定之轉矩提供，用以對付所需要之加速轉矩，摩擦力轉矩以及工作上所需要之轉矩之總和。此乃由其分佈之機件為理想而有利者為條件，如根據此一需要而設計其傳動機器時，則在起動階段中，應使工作機器保持在空轉之狀態，使轉速能依直線型上昇。蓋此時因其摩擦轉矩為固定，而使其餘之轉矩，專供加速之用，又因加速之轉矩依轉數增高而比例增大，使在相同之起動時間內，其加速之轉矩須依轉速增高而增加，但仍將為最小者，（圖 1-6）。

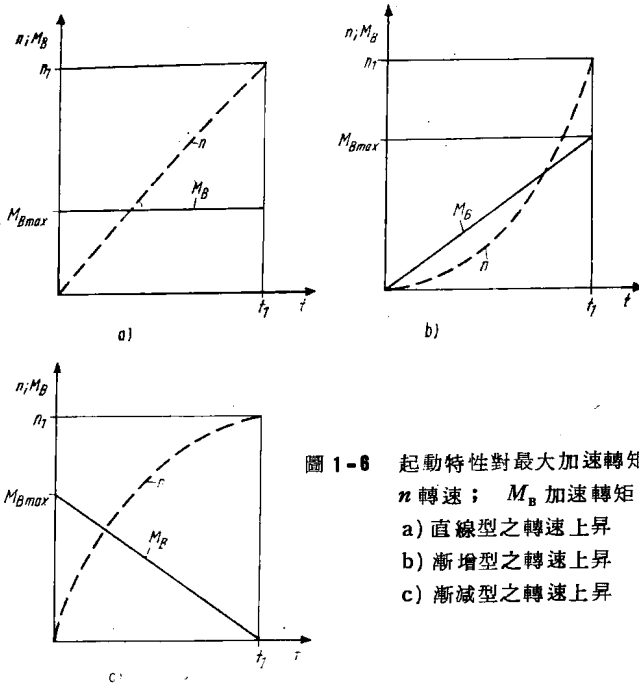


圖 1-6 起動特性對最大加速轉矩之影響
 n 轉速； M_B 加速轉矩；
 a) 直線型之轉速上昇
 b) 漸增型之轉速上昇
 c) 漸減型之轉速上昇

上項分析步驟之內容，可藉圖 1-7 以說明之。圖示一簡單之驅動裝置中，使用一短路轉子式交流電動機，但為減低其起動時之電流量，避免對送電系統產生不良影響起見，採用一種星型及三角型式起動器電路，但仍有較大之惰性幕轉動件須被帶動，圖中示其起動過程之各種特性。

在繪製轉矩曲線時最好使用相同之比尺進行，可驗明其規定轉矩是否與工作機器上在全負荷時所需之轉矩相配，此時如不加用變換轉矩之中間傳動機件，是否亦能勝任，圖中所示已屬不能以直接相連型式完成起動之任務，蓋因其工作機器所需之全負荷轉矩（圖 b）較電動機之起動轉矩為大（圖 a，1）。

但在工作機器為空轉時（圖 a，4）自需較低之轉矩，而可直接相連起動，此時常因工作機器之惰性幕過於重大，故常需較長之起動時間，而使電動機因長時間之大電流而發熱，如能於電動機與工作機器間裝置離心式聯軸器一具，則可獲得一電動機之特性曲線如下：

由聯軸器之特性曲線，可得在工作機器上當時可供之轉矩，此項轉矩自

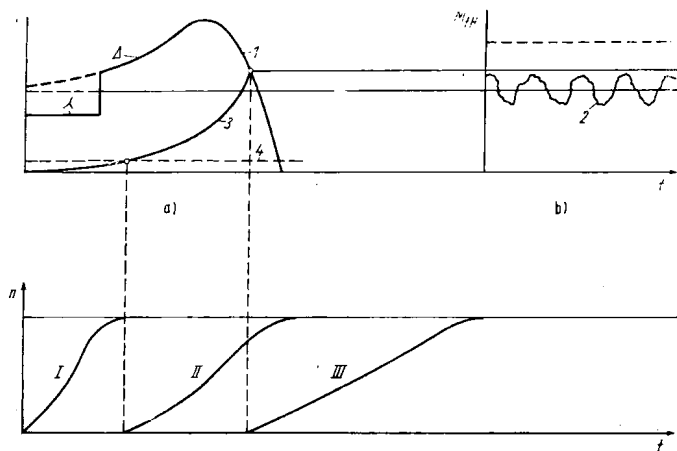


圖 1-7 以感應電動機配合工作機械

a), b) 轉矩特性曲線

1 電動機特性線；2 工作機械特性線（標稱轉矩線）；

3 聯軸器特性線；4 電動機空轉特性線；

c) 起動特性線

I 單獨電動機部分；II 電動機及工作機械—空轉；

III 電動機及工作機械—全載負荷

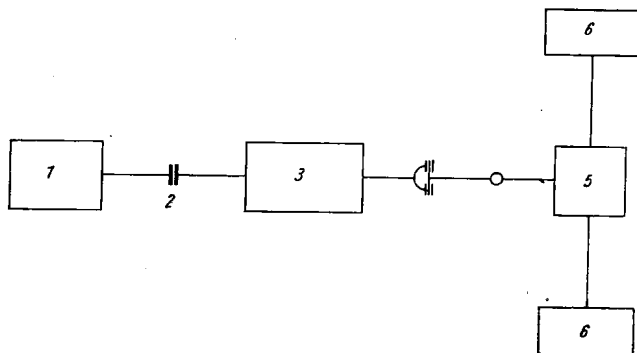


圖 1-8 機動車輛上之傳動配置

1 原動機；2 可開關聯軸器；3 變速箱；

4 方向接頭；5 分速傳動器；6 驅動輪。

將包括：工作需要之轉矩，機件加速之轉矩以及摩擦轉矩等，此時其電動機之特性線與聯軸器特性線間之差額，即可用以使電動機本身轉動之部份獲得加速，一般上在電動機空轉時起動甚為迅速而達接近規定轉速時方使其餘之質量加速。

但如在工作機器之全負荷情況下起動時，則當聯軸器之轉矩大過於工作機器所需之轉矩時，工作機器方始起動其相差之剩餘轉矩亦用以使工作機器之質量加速，圖 1-7 即示其起動之情況，由於採用此種離心式聯軸器，可使電動機避免超負荷及發熱等現象，蓋因如轉矩超過 M_{tr} 時即可產生滑動而限制過大轉矩之傳遞。

在第二舉例中試述一車輛之驅動如何使轉矩與轉數間相互配合，圖 1-8

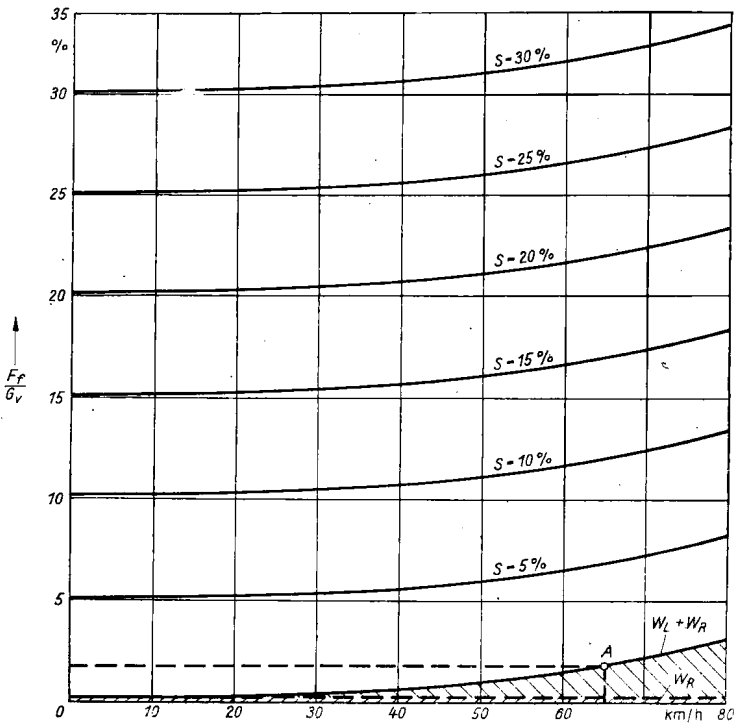


圖 1-9 一機動車輛之行駛圖

F_f 驅動輪之驅動力； G_v 車輛之重量； W_R 滾動阻力；
 W 空氣阻力； S 坡度。

爲其傳動示意圖。

在分析此項驅動問題之本身以前，首先須求出其原動機器與車輛行走所需之實際特性曲線，以便將其比較而驗證其是否適合，現先自車輛之特性曲線着手，（圖 1-9）。圖中橫向之點線示其車輛在道路之滾動摩擦阻力，在車輛載重爲全負荷並在平路上行走時，實爲與速度之大小無關。圖中實線爲與速度大小有關之空氣阻力與上項滾動阻力之和。但在走上坡時，則所需之牽引力自將與坡度之大小及載重有關，圖中幾乎爲平行之實線乃依全負荷之載重示出。

車輛動力之功率 $P = Fv$ 即依上述之行車牽引力（在平路上祇爲空氣阻力與滾動阻力之和）與行車速度之乘積。如在某一速度之阻力爲 A ，即可求出其所需之功率（馬力）。

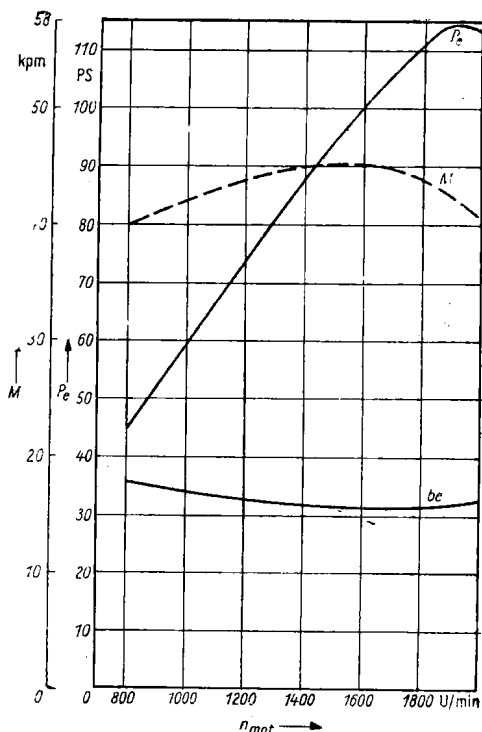


圖 1-10 柴油機之特性曲線

P_e 有效功率； M 轉矩； b_e 比燃料耗用量。

在此應注意者，如選用一柴油原動機爲例，其特性曲線有如圖 1-10 所示。首先可假定原動機之轉速爲驅動輪轉速之 3 至 4 倍，此驅動輪之轉速乃可由所希望之行車速度與輪之直徑求出。此項轉速之差異可利用一種減速器或轉矩變換器以獲得，並使原動機與車輪二者均可達成希望之轉速而相配合。但行走時道路有時爲上坡，自需將原動機之轉矩依行車曲線調整而配合之。此時仍需使原動機依其全負荷運轉爲理想。實際上則原動機之每一轉速，有其不同之功率出力，而在全負荷之轉速亦祇限於極小之變化範圍，因之現需加裝一種傳動機器使轉數下降而使轉矩增大。如不計其轉換之效率時，則其轉速與轉矩之變換，爲依雙曲線型者，由此可使在任何轉速之下獲得常爲全負荷之運轉。此種理想