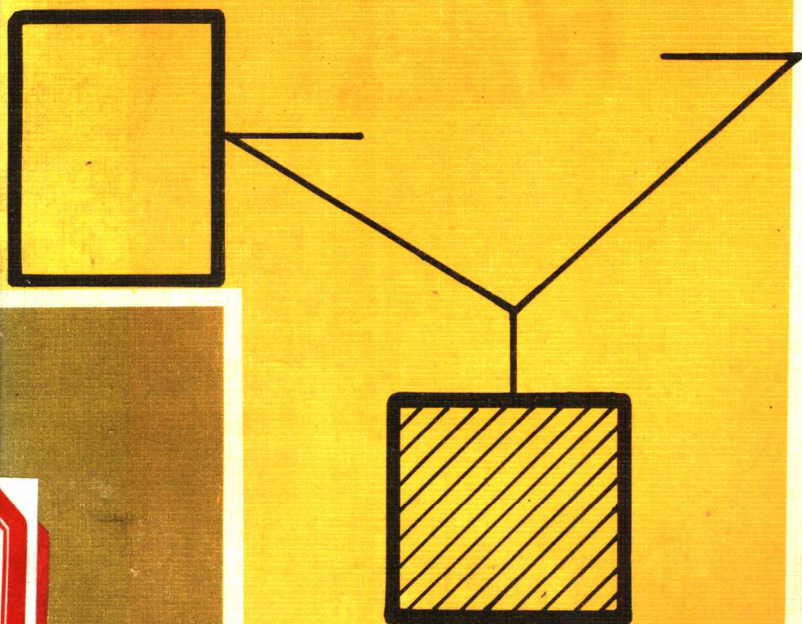


教育部審定 高工適用

機械力學 上

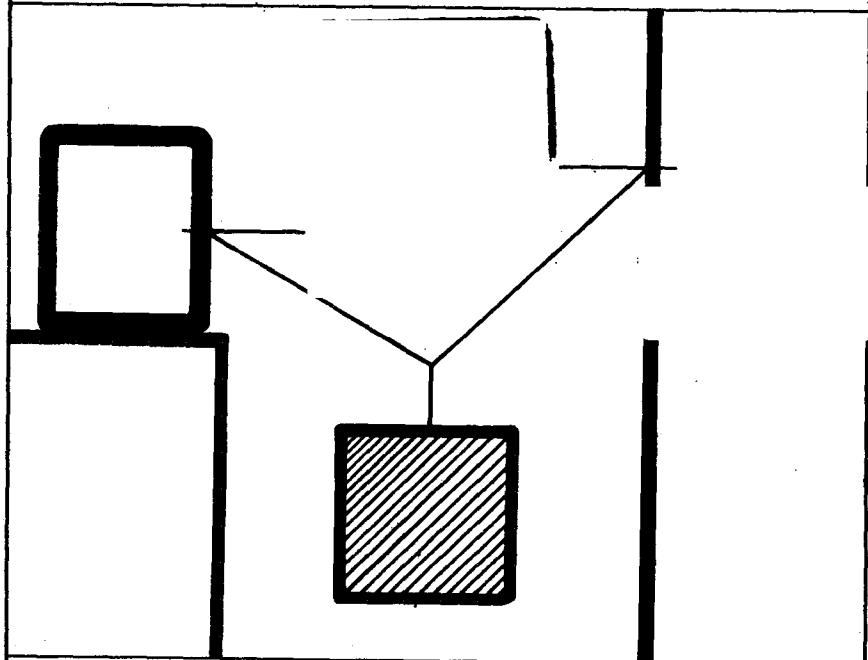
陳宏州 編著



全華科技圖書公司印行

機械力學 上

陳宏州 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究
局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

機械力學(上)

陳宏州 編著

出版者 全華科技圖書公司
北市建國北路85巷9號
電話：581-1300-564-1819
發行者 蕭 而 廊
印刷者 慶福彩色印刷廠
東南亞 港 明 書 店
總經銷 香港九龍彌敦道500號2樓
電話：3-302846-3-309095
基 價 2.5 元
海外定價 港 幣 12.5 元
初 版 中華民國66年5月

編輯大意

1. 本書係遵照教育部六十三年二月教育部修訂公佈的高級工業職業學校機工科機械力學課程標準編輯而成。
2. 本書計分兩冊，上册供機工科第二學年上學期，下冊供第二學年下學期，每週二小時授課之用。
3. 本書所用名詞，悉依照教育部公佈之機械工程、土木工程名詞為準，並附英文原名，以資對照。
4. 本書附有插圖甚多，同時對各重要公式之應用，皆附例題，以期學者能澈底瞭解。
5. 本書雖經悉心校訂，仍難免有瑕疵之處，敬祈諸先進不吝指正是幸！

編者謹識

六十六年三月

爲「科學中文化」 展開一個新紀元

全華科技圖書公司服務科技教育界的精神
將爲「科學中文化」展開一個新紀元。

科學技術，一日千里，陳舊的資料已無法滿足嶄新科技教育的需要。目前國家建設急速推展，科技教育必須再紮根、再推廣，科學中文化、更新教學資料、培育科技人才已是刻不容緩的事。

全華科技圖書公司，爲了推展國內科技教育，乃竭誠編撰了一系列教科書。這些圖書，資料最新、最有系統，完全配合科技教育的需要。我們確信這一系列教科書，將徹底解決國內科技教材的陳舊、缺乏問題，並希望能以此開始，得拋磚引玉的功效，使全國國民共同爲發展國家科技知識而努力，爲「科學中文化」展開一個新紀元。

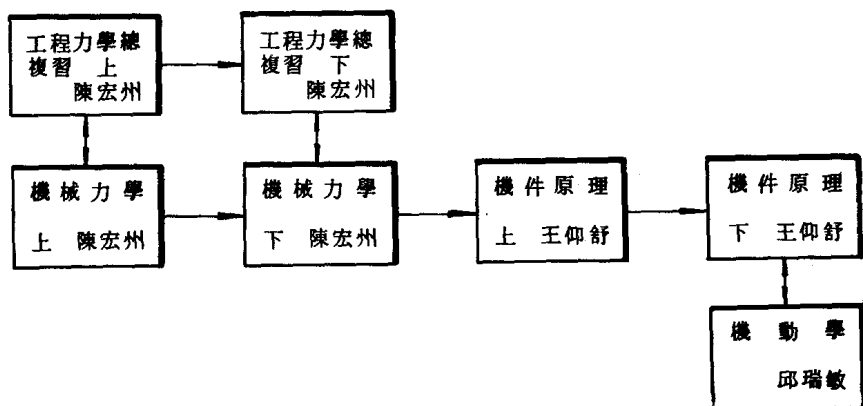
本書編印，審慎小心，我們竭誠歡迎您來信指正。

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，且循序漸進。

我們現在將這本「機械力學」呈獻給您。本書討論動力學原理，是一本非常基礎的教科書，將力學上的問題作非常簡易的介紹，並以許多例題來配合說明，期讓您更能容易了解本書之內容。機械力學是機械動力與機械結構之基礎，國內在機械工業上正在大力發展，而且機械工業也是重工業中的主環，故我們着重機械科技的新知介紹，以提高本國機械工業之水準。本書是要充實您的基礎。

為提供您有系統地研讀這方面的學問，完整地得到相關的知識，我們特地以流程圖方式列出有關書籍之閱讀順序，由淺入深，循序漸進地引導您，同時也減少您獨自摸索所費之時間。您若有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



我們將隨時提高編輯、製作水準！

歡迎您來信指正本書的錯誤、缺點！

如果本書有缺頁、倒序、污損等情形，讓我們致歉！

並請您將原書退回，我們將儘速給您補換，謝謝！

目 錄

第一章 緒 論

1~1 概 述	1
1~2 力之觀念	3
1~3 力 系	6
1~4 力之合成	7
1~5 力之分解	12
1~6 力矩及力矩原理	15
1~7 力 偶	20
習題一	26

第二章 同平面同點力系

2~1 概 述	29
2~2 同平面同點力系之合力	29
2~3 力系平衡之意義	34
2~4 自由體圖	36
2~5 同平面同點力系平衡之解法	37
2~6 二力與三力之平衡	39
2~7 一般解答平衡問題之步驟	41
習題二	44

第三章 同平面非同點力系

3~1 概 述	49
---------	----

3~2	位置圖、力線圖、波氏記號法	49
3~3	同平面(非同點)平行力系之合力	51
3~4	同平面(非同點)平行力系之平衡	59
3~5	同平面非同點非平行力系之合力	62
3~6	同平面非同點非平行力系之平衡	70
3~7	桁架	77
	習題三	86

第四章 重心及重心之求法

4~1	物體之重心	91
4~2	質量中心	95
4~3	形心	96
4~4	形心(重心)之求法	98
	習題四	113

第五章 摩擦及其在機械上之運用

5~1	摩擦之性質	117
5~2	摩擦定律	119
5~3	摩擦係數	119
5~4	摩擦角、摩擦圓錐、靜止角	122
5~5	包含有摩擦力之問題及其運算步驟	124
5~6	滾動摩擦	130
5~7	摩擦在機械上之運用	132
	習題五	141

第六章 動力學基本定律及其在機械上之應用

6~1	運動學概述	145
6~2	牛頓三運動定律之討論	147

6 ~ 3	滑輪之運動	153
6 ~ 4	向心力與離心力	159
	習題六	163

第七章 功與能

7 ~ 1	功及其單位	167
7 ~ 2	功率及其單位與功之關係	170
7 ~ 3	動能與位能	172
7 ~ 4	能量不減原理	176
7 ~ 5	轉動所需施之功、功率及迴轉體之能	178
7 ~ 6	能之損失與機械效率	183
	習題七	184

緒 論

1

§1-1 概 述

(一) 力學及機械力學

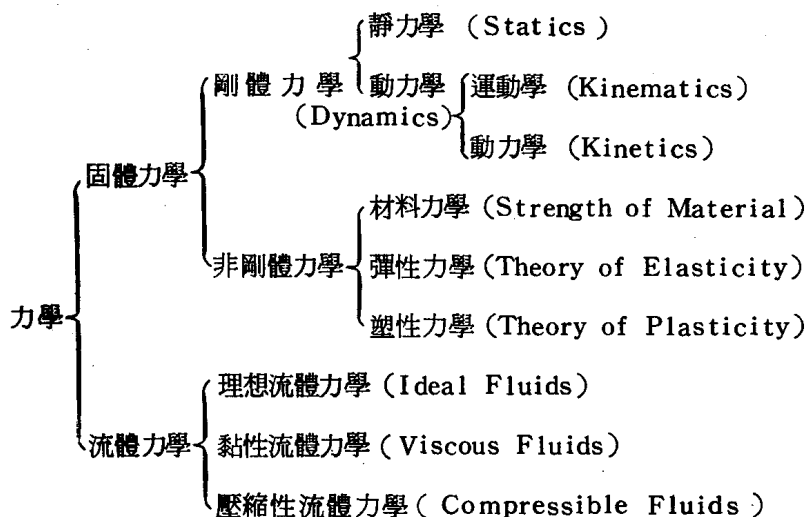
力學乃物理學之一部份，研究物體之運動與力作用的科學。爲工科學生所應修習基礎科學之一，凡研習機械工程、土木工程、水利工程、航空工程者，力學更爲其必修之學科。本書所述之力學乃係工程上一切力學之基礎其研究之目的，在於將物體運動之原理應用於解析各種有關之工程問題。凡用以解析工程問題爲其研究目的之力學，均稱爲工程力學，或應用力學。但因本書所述之內容偏重於機械工程之問題，適用於研習機械工程之學生，故稱爲機械力學。

(二) 力學之內容

力學之研究，需要考慮四個基本要素，即時間、空間、質量與力。以此四個基本元素爲基礎，應用三角學、幾何學、代數學、向量等數學原理或應用圖解法以解析力學應用於工程上之問題，通常可分爲三部份，即剛體

2 機械力學

力學、非剛體力學及流體力學，較細之分法如下表：



本書所研討者乃是研討固體力學包括物體受外力作用時，其所發生之外效應及其內部所發生之內效應。特別着重於說明基本觀念，定理之闡釋及對論題之一般性表達，且特別表出其對於基本工程問題之應用。

(三) 質點與剛體

- (1) 質點：討論物體之運動，常視物體為一質點（不計其大小，但具有質量），尤其在物體之體積與運動之範圍比較起來，微乎其微時，可將物體視為一質點討論，所生誤差極為微小。
- (2) 剛體：為許多質點之集合體。其定義為一物體受外力作用時，其形狀保持不變。也就是說，剛體內任意兩質點間之距離保持不變。實際上宇宙間並無絕對之剛體存在，但為了研究方便，力學中所討論之物體均假設為剛體。若考慮物體受力後所生之變形，則該物體為一彈性體而非剛體。討論彈性體受力所生之內力與變形之問題，乃屬於材料力學或彈性力學，將在本書下冊中討論。

(四) 牛頓運動定律

牛頓運動定律乃力學中之最基本原理，吾人在討論力學中有關問題時，主要即以牛頓的運動定律為依據，其定律之內容將於本書第七章中說明之。

§1-2 力之觀念

(一) 力的意義

- (1) 改變物體之運動狀況。
- (2) 改變物體慣性之作用，所謂慣性乃物體維持其原有運動狀況之特性。
- (3) 力為拉和推之作用。

(二) 力之分類

以各種不同之觀點來分力之分類：

(1) 依物體受力之情形分：

- ① 外力：從一個物體之外面加于其上之力稱為外力或載荷，如飛機機翼上受到空氣力，此空氣力為機翼之外力。
- ② 內力：在受力物體內部發生之力，稱為內力。如機翼內部之梁受到內力，此內力等於其外力。在外力與內力之間有一層面，稱為受力面。外力即作用于此受力面之外面，內力則分佈于此受力面之裏面。

(2) 依受力之時間分：

- ① 靜力：與時間無關之力，稱為靜力。
- ② 動力：與時間發生變化之力，稱為動力。

(3) 依力之作用分：

- ① 作用力：在物體A上加外力P，或此外力P作用于物體A上，P稱為作用力。作用力常為外力，如重量、彈簧力、空氣力、蒸氣

4 機械力學

壓力等。

- ② 反作用力：物體 A 受到作用力 P，發生大小相等，方向相反之反力，此反力亦稱為反作用力。反作用力常為支點力，磨擦力、平衡力、桁架之內力等。

(4) 依力之分佈分：

- ① 集中力：受力處僅為一點或一個微分面積。
② 分佈力：力分佈於某一長度或某一面積者。

(5) 以力之距離分：

- ① 近力（接觸力）：如氣缸中之蒸汽力、磨擦力、火車輪子對於鋼軌之壓力等。
② 遠力（揚力或超距力）：力之超越某一段距離而作用者，如電力、磁力、地心引力等。

(三) 力之單位

力之單位可分為重力單位及絕對單位兩種，茲按三種不同單位制度分述於下：

(1) 重力單位：

- ① C.G.S.制——克重（gm）：即質量一克之物體在緯度 45° 海平面上所受地心引力之大小。
② M.K.S.制——仟克重（kg）：即質量一仟克之物體在緯度 45° 海平面上所受地心引力之大小。
③ F.P.S.制——磅重（lb）：即質量一磅之物體在緯度 45° 海平面上所受地心引力之大小。

(2) 絕對單位：乃由牛頓第二運動定律（ $F = ma$ ）而來：

- ① C.G.S.制——達因（dyne）：加一力於質量一克之物體上，

使其產生 1 厘米/秒^2 之加速度時，此力稱爲一達因。

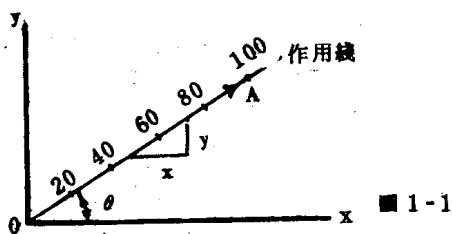
② M.K.S.制——牛頓 (newton)：加一力於質量一仟克之物體上使其產生 1 公尺/秒^2 之加速度時，此力稱爲一牛頓。

③ F.P.S.制——磅達 (poundal)：加一力於質量一磅之物體上使其產生 1 呎/秒^2 之加速度時，此力稱爲一磅達。

(四) 力之圖示法

欲充分表達一力，常須說明該力之大小爲若干，其作用之方向爲何及該力作用於何處。是故任何一力均須具備下列三要素，即：(1)大小(2)方向(含傾斜度及指向)(3)作用點。

因力爲一向量，故吾人通常以一箭頭表示之，圖 1-1 示一力 P 作用於某物體，圖中，(1)箭頭之長度係以一定比例尺表示其大小，圖中係以 1 cm 代表 20 kg ，該力爲 100 kg ，則以 5 cm 之長度表示之(2)箭頭之指向及其與水平線所成之傾度 θ 角(或以 x, y 座標值)，表示力之方向，(3)力與物體接觸之點， A 表示其作用點。



如過力之作用點繪一與該力相同傾度之直線，則該直線稱爲該力之作用線。

(五) 力之外效應

當一剛體受一外力之作用時，此剛體或其運動狀態發生變化，或由

6 機械力學

另一物體對此物體產生一反作用力。此等變化，無論其係運動狀態發生變化或發生作用力均稱之爲力之外效應，且此種外效應係與力之作用同時發生。例如一物體自由落下時，則該物體所受之外力爲該物體之重量（地心引力），其外效應則爲一加速度 g ，如將此物體置於一靜止之電梯上，則此物體與電梯之接觸面將產生一反作用力之外效應。又如該電梯以小於 g 之加速度下降，則此物體所生之外效應，一部份爲加速度，一部份爲一向上之反作用力。

(六) 力之可移性（力之移動原理）

圖 1-2 示一物體受兩力作用，處於平衡狀態。此即爲兩力大小相等，方向相反，作用於一直線上（二力平衡）。假定於圖 1-2 (a) 中，此兩力作用於 A 點，但若將此兩力移開使其分別作用於其原作用線上之兩點 A 及 B，則其平衡狀態不變如圖 1-2 (b) 所示。

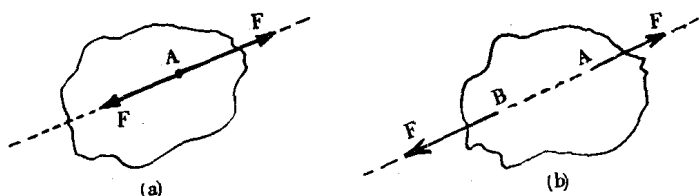


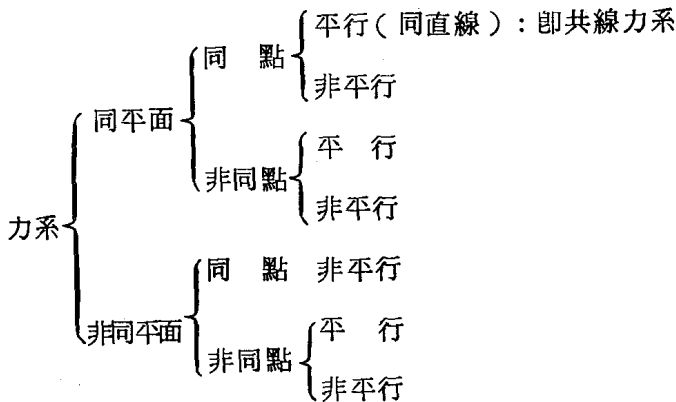
圖 1-2

推而言之，如爲不平衡力使物體產生運動外效應，則此力之作用點，可沿其作用線上任意移動，其運動外效應不變。故力之移動原理，可書爲“一力之施力點，可沿其作用線，任意改變其位置，而不影響其力之外效應”，此種外力之移動，將不改變外力的平衡，但改變內力，故此條原理，僅適用於外力，而不適用於內力。

§1-3 力 系

如將若干力（三力以上）合併而同時討論之，此若干力即稱之爲力系。

力系可分爲：(1)同平面力系(共面力系)(2)非同平面力系(空間力系)
茲將力系之分類列表於下：



§1-4 力之合成

將作用於物體上之力系化爲一單力而不變物體所生之外效應之方法，稱爲力之合成，此單力即稱爲合力。求合力之方法一般可分爲圖解法及代數法(數解法)兩種，茲分述於下：

(1) 圖解法：在利用圖解法不論是何種方法都必須包括下列三項步驟。

- 定比例尺：如 $1\text{ cm} = 20\text{ kg}$ ，或 $1\text{ in} = 50\text{ lb}$ 。
- 按所根據之作法寫出圖解法之步驟。
- 答案必須註明合力之大小、方向、着力點。

在圖解法中常用者有平行四邊形法及三角形法兩種，茲分別加以說明。

- 1 平行四邊形法：斯蒂文納(Stevinus)(1548-1620)最早發現兩力可由平行四邊形組合而對角線代表兩力之和。如圖 1-3 中， F_1, F_2 爲二已知力交於 O 點，試求其合力 R，茲將其作法說明於下：