

Mechanics

機械力學

(含靜力學與動力學)

黃達明 編著



OTAS
題測網

OTAS
製卷大師

OTAS
考試精靈

機械力學I

Mechanics

黃達明 編著



台科大圖書股份有限公司

SINCE 1997



機械力學 (含靜力學與動力學)

2014年11月初版

書號 | BB025

編著者 | 黃達明

責任編輯 | 連兆淵

美術製作 | 陳美齡

郵購帳號 | 19133960

戶名 | 台科大圖書股份有限公司

※ 郵撥訂購未滿 1500 元者，請付郵資
本島地區 100 元 / 外島地區 200 元

發行所 | 台科大圖書股份有限公司

客服專線 | 0800-000-599

地址 | 新北市新莊區中正路 649 號 7 樓 網路購書 | www.tiked.com.tw

電話 | (02)2908-5945

傳真 | (02)2908-6347

網址 | www.tiked.com.tw

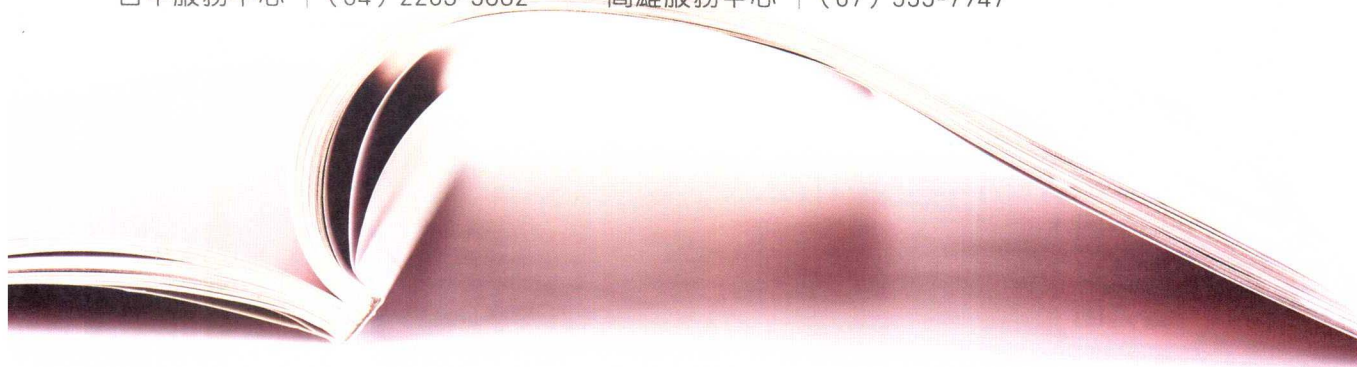
E-mail | service@tiked.com.tw

▲本書版權屬台科大圖書所有。未經本公司事前書面授權，不得以任何方式（包括儲存於資料庫或任何存取系統內）作全部或局部之翻印、仿製或轉載。

▲書內圖片、資料的來源已盡查明之責，若有疏漏致版權遭侵犯，我們在此致歉，並請有關人士致函本公司，我們將作出適當的修訂和安排。

各服務中心專線

- 總公司 | (02) 2908-5945
- 桃園服務中心 | (03) 463-5285
- 台北服務中心 | (02) 2908-5945
- 嘉義服務中心 | (05) 284-4779
- 台中服務中心 | (04) 2263-5882
- 高雄服務中心 | (07) 555-7947



- 一、本書係遵照教育部公告之機械群「機械力學」課程編寫而成。
- 二、本書內容力求淺顯、扼要，儘量避免艱深之理論，使學生易於閱讀，以達成『機械力學』之教學目標。
- 三、本書係依照最新公布之教學綱要編寫而成，其目標在協助學生瞭解各種力學的原理與知識，並能應用於日常生活上。
- 四、本書在每章課文中，均附有『例題及練習題』可供教師在課堂上引導學生練習，並瞭解學生的學習成效。另於每章課文末，附有『課後習題』，以供學生於課堂上練習及作自我的學習評鑑。
- 五、本書每章課文末，另附『重點掃描』，可幫助學生了解學習重點所在，加深其印象。
- 六、本書各圖形採用全彩印刷，清楚易懂，使學生更能了解機械力學的奧妙與精彩。
- 七、本書編寫雖力求完善，且經多次校對，但疏漏之處在所難免，尚祈各界先進不吝惠予指正，以供修訂時之參考，不勝感激。

本書學習引導圖例



練習

於每節的單元，為重要觀念的自我檢測。

重點掃描

內文重點歸納總結，依內文敘述的順序作整理，幫助學生了解全章的重要關鍵概念，增進學習效果。

課後習題

於每章的最後單元，可加強學生對該章內容的理解，作最有效的複習。



- 一、全新的內容編排，提供學生視覺上的新穎與閱讀的便利性。
- 二、各章節首編排章節大綱、學習目標及內容簡介，提供學生課前掌握學習重點。
- 三、全書圖例採用標準元件規格及機能性標線設計，讓學生準確學習，提升學習效率。
- 四、每一章後均有重點掃描，依各節順序編排，適合學生循序複習。
- 五、附有課後習題提供學生課後即時評量，達到完全檢測功能。
- 六、本書備有多種學習資源供學生使用，包括習作本、測驗本、OTAS 線上題測系統、Class 上課網及線上教學資源。
- 七、關鍵名詞在各章內文中以粗體字標示出，同時也可以在書後的「中英文名詞對照表」有系統的歸納整理。
- 八、標註※號的章節內容，教師可依教學狀況取捨。

**腦力激盪**

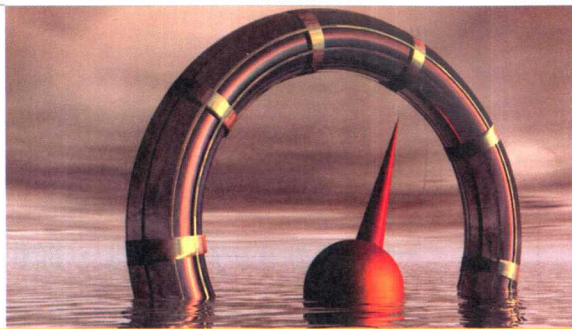
於每章課文中，穿插一些趣味問題，促使學生靈活思考，加強學習效率。

**學習加油站**

於每章課文中，加入一些有用、易學的相關知識，以提升學生學習效果、增加計算能力。

目錄

機械力學 I



CONTENTS

第1章 緒論

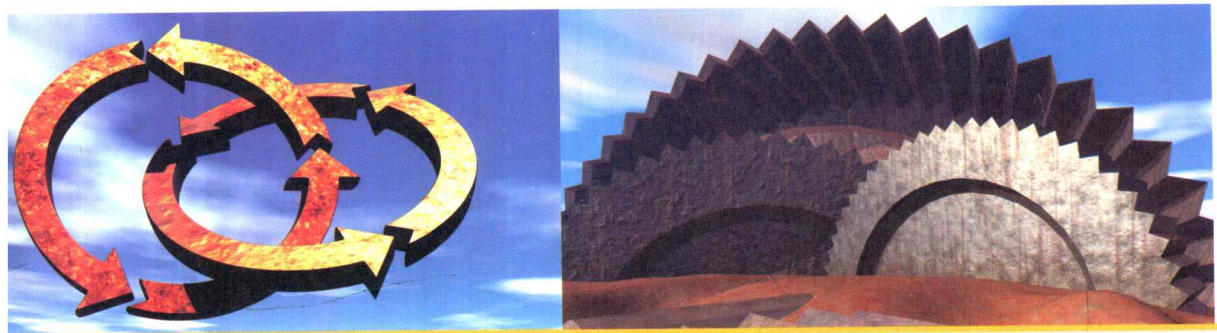
1-1 力學の種類	1-2
1-2 力の觀念	1-3
1-3 力の可傳性	1-5
1-4 力の單位	1-6
1-5 力系	1-7
1-6 向量與純量	1-10
1-7 力學與生活	1-13
重點掃描	1-18
課後習題	1-20

第2章 同平面力系

2-1 力の分解與合成	2-2
2-2 力矩與力矩原理	2-10
2-3 力偶	2-15
2-4 自由體圖與負荷種類	2-21
2-5 同平面各種力系之合成	2-27
2-6 同平面各種力系之平衡	2-39
重點掃描	2-52
課後習題	2-54

第3章 重心

3-1 重心、形心與質量中心	3-2
3-2 多質點系統的重心之求法	3-4
3-3 線的形心之求法	3-6
3-4 面的形心之求法	3-10



※ 3-5 體積的形心之求法	3-16
重點掃描	3-20
課後習題	3-22

第4章 摩 擦

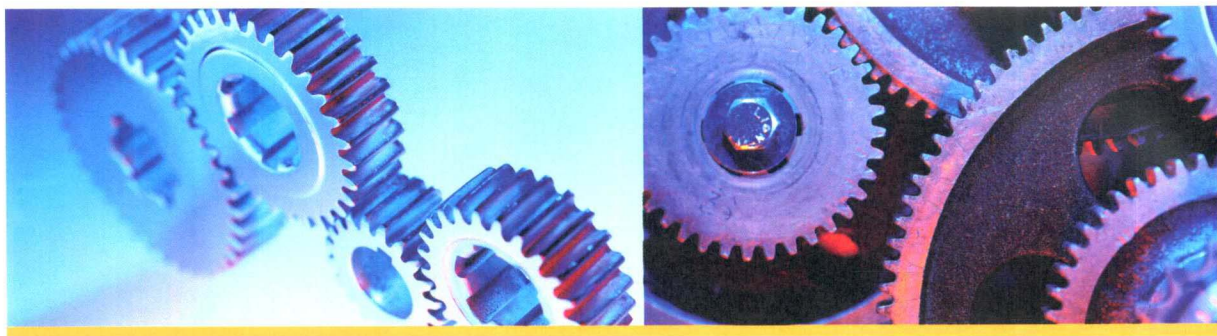
4-1 摩擦的種類	4-2
4-2 摩擦定律	4-4
4-3 摩擦角與靜止角	4-7
4-4 滑動摩擦	4-10
重點掃描	4-20
課後習題	4-22

第5章 直線運動

5-1 運動的種類	5-2
5-2 速度與加速度	5-3
5-3 自由落體及光滑斜面之運動	5-11
5-4 鉛直拋體運動	5-14
※ 5-5 相對運動	5-17
重點掃描	5-20
課後習題	5-22

第6章 曲線運動

6-1 曲線運動	6-2
6-2 角位移與角速度	6-3
6-3 角加速度	6-5
6-4 切線加速度與法線加速度	6-9



6-5 拋物體運動	6-12
重點掃描	6-20
課後習題	6-22

第7章 動力學基本定律及應用

7-1 牛頓運動定律	7-2
7-2 滑輪	7-8
7-3 向心力與離心力	7-16
重點掃描	7-22
課後習題	7-24

第8章 功與能

8-1 功及其單位	8-2
8-2 功率及其單位	8-5
8-3 動能與位能	8-7
8-4 能量不滅定律	8-12
8-5 能的損失及機械效率	8-16
重點掃描	8-18
課後習題	8-20

附錄

中英文名詞對照表	附-2
SI 國際單位對照表	附-4
練習題簡答	附-5

緒 論

1

章

力學是物理學的一部分，舉凡物體的靜止或運動、材料的變形等，都是力學的研究範圍。力學也是我國高職課程機械類群的必修課程之一，是一門基礎且重要的課程，同學們應用心研讀之。

本章主要在說明關於力學的基本概念，先了解這些概念，便有助於同學們對本科目的學習。

本章節次

1-1 力學の種類

1-2 力的觀念

1-3 力的可傳性

1-4 力的單位

1-5 力 系

1-6 向量與純量

1-7 力學與生活

學習目標

1. 瞭解力學の種類。
2. 瞭解力的觀念。
3. 瞭解力的單位及其換算。
4. 瞭解向量與純量之差異。
5. 瞭解力學與生活之關聯性。

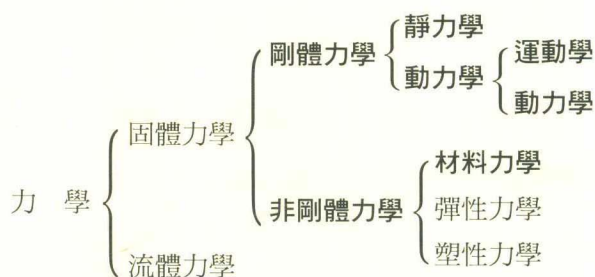


1-1

力學的種類

力學（Mechanics）是物理學的一部分，它是最古老的物理科學，舉凡物體的靜止或運動、材料的變形等，都是力學的研究範圍。力學之分類如表 1-1 所示。

表 1-1 力學的分類



上表中，粗體字之部分為高職課程機械類群之修習範圍。本冊即著重在剛體力學之部分，茲分別敘述如下：

1. **靜力學**（Statics）：係研究物體之「平衡狀態」。所謂平衡狀態，即指物體處於靜止或作等速度直線運動之狀態。
2. **運動學**（Kinematics）：係研究物體運動時之時間與空間的關係，並不討論物體之質量及影響運動之因素。
3. **動力學**（Kinetics）：係研究物體運動時之時間與空間的關係、質量及影響運動之因素，影響運動之因素即為「力」。

在表 1-1 中可以發現，運動學與動力學合稱為**動力學**（Dynamics），又稱為動態學。前者是指探討「物體的運動行為」之力學，而後者則是指探討「物體運動時的力學行為」之力學，兩者之間的差異，請特別留意！

由上可知，**力學**的四個基本要素為：時間、空間、質量、力。

機械力學是我國高職課程機械類群的必修課程之一，在機械技術教育上，機械力學是一門基礎且重要的課程，每一位就讀機械類群的同学均需培養機械力學的基本能力，進而去解析工程上的力學問題。

1-2 力的觀念

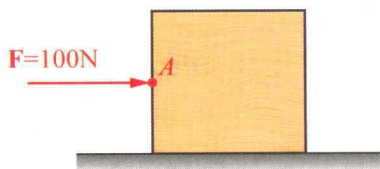
1 力的意義

力 (Force) 是一個非常抽象的名詞，它是一種作用，一種使物體運動之狀態發生改變或使物體產生變形的作用。力必存在於相互作用的二物體之間，其必須是成對出現的，即力無法單獨存在。

2 力的要素

力雖然是抽象的東西，但學習機械力學時，均要將力給描述出來。而要完整的表達一個力時，需具備下列三要素，如圖 1-1 所示。

1. 力的大小。
2. 力的方向。
3. 力的作用點。



力的大小：100N
力的方向：向右
力的作用點：A點

圖 1-1 力的要素

由上圖可知，要完整的描述 F 力，要說明下列三項要素：

1. F 力的大小為 100N。
2. F 力的方向是向右的。
3. F 力的作用點在圖示中的 A 點。

如此，有了 F 力的大小、方向及作用點，便能清楚的表達 F 力了！



3 力的分類

力依其作用方式，可分為下列二類：

1 接觸力

二物體間必須相互接觸方有力的作用者，例如繩之拉力、桌椅對地板壓力、彈簧壓縮後所產生之推力及摩擦力等。

2 非接觸力

二物體間不須相互接觸即可有力的作用者，如地心引力、磁力及靜電力等。

4 力的效應

力的效應分為外效應及內效應二種：

1 外效應

作用於物體上的力係來自外界者，稱為外力。而由外力所產生的效應，稱為**外效應**（External Effects）。外效應會使物體改變其靜止或運動之狀態，如使物體產生反作用力或加速度等。

2 內效應

物體受外力作用時，物體內部會伴隨而生一抵抗之力，此力稱為內力。而由內力所產生的效應，稱為**內效應**（Internal Effects）。內效應會使物體改變其形狀，如使物體產生伸長、縮短或彎曲等。



學習加油站

想想看，宇宙中真的有剛體存在嗎？地球上最硬的物體就是鑽石，而鑽石都可以因外力而被壓碎破壞，鑽石之所以會破壞，就是因為體內兩點間之距離被壓縮，而導致破壞。以此推論，宇宙間是沒有真正的剛體存在的。

1-3 力的可傳性

在機械力學中，對一個物體的形狀大小來說，若不考慮發生變形，卻要仔細的描繪出來，是沒有太大意義的。例如要描述地球繞太陽運行之運動，是不可能把地球與太陽的形狀大小完全的描繪出來，所以我們分別以二個點來代替地球與太陽，這二個點即稱為質點（Particle）。質點可視為此物體之質量的集中點。物體運動時，若尺寸效應可以忽略，則可視為一質點。

物體受外力作用後，其形狀不會發生改變的物體，也就是體內任何兩質點間之距離永遠不會改變的物體，稱為剛體（Rigid Body）。剛體是一種理想的物體，在剛體力學中所探討的物體，都假設為剛體。

若物體受外力作用後，其形狀會發生改變者，則稱為非剛體。在材料力學中所探討的物體，均視為非剛體。

對於剛體的外效應而言，作用在剛體上的力，可沿其作用線前後移動，而不改變其效應者，稱為力的可傳性（Transmissibility of Force）。

如圖 1-2 所示，(a)圖與(b)圖之物體均受一 100N 之力作用，兩物體均向右移動，故其外效應不變。但是，對物體的內效應來說，(a)圖受到的力是推力，(b)圖受到的力是拉力，故其內效應並不相同。所以，力的可傳性只適用於物體的外效應。



(a)物體受推力作用

(b)物體受拉力作用

圖 1-2 力的可傳性



1-4

力的單位

力的單位分為絕對單位與重力單位兩種，並分為SI公制國際單位及FPS英制單位。

1 絕對單位

以長度、質量、時間為基本量所制定的單位，稱為絕對單位，又稱為SI公制國際單位。常用單位有下列二種：

- (1) 牛頓 (N)：MKS制中，使質量 1kg 之物體產生 1m/sec^2 加速度之力，稱為 1 牛頓，即 $1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m/sec}^2$ 。
- (2) 達因 (dyne)：CGS 制中，使質量 1g 之物體產生 1cm/sec^2 加速度之力，稱為 1 達因，即 $1\text{dyne} = 1\text{g}\cdot\text{cm/sec}^2$ 。

FPS 英制單位，則以長度、力量、時間為基本物理量，單位分別為呎 (ft)、磅 (lb)、秒 (sec)，質量單位則以史拉格 (slug) 表示，代表受 1 lb 力作用時產生 1ft/sec^2 加速度之物體質量，即 $1\text{slug} = 1\text{lb}\cdot\text{sec}^2/\text{ft}$ 。

2 重力單位

以長度、重量、時間為基本量所制定的單位，稱為重力單位。常用單位有下列二種：

- (1) 公斤重 (kgf)：MKS制中，質量 1kg 之物體在緯度 45° 的海平面上，所受到的地心引力大小，稱為 1 公斤重。
- (2) 公克重 (gf)：CGS 制中，質量 1g 之物體在緯度 45° 的海平面上，所受到的地心引力大小，稱為 1 公克重。

絕對單位與重力單位的換算如下列所示：

$$1\text{N} = 10^5\text{dyne} \quad 1\text{kgf} = 9.8\text{N} \quad 1\text{gf} = 980\text{dyne}$$

1-5 力 系

兩個或兩個以上的力，同時作用於一個物體上時，稱為**力系**（Force System）。

力系之分類如表 1-2 所示。力系可分為同平面力系及非同平面力系（即空間力系），但在高職的學習領域中，只探討同平面力系。

表 1-2 力系的分類

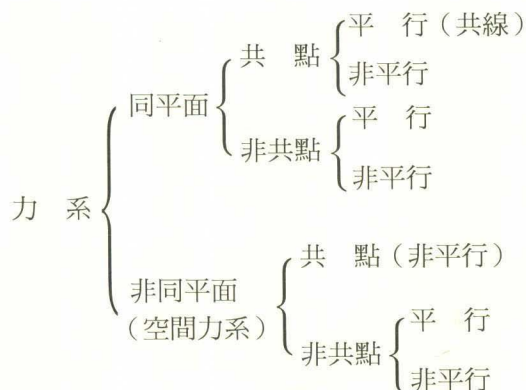


表 1-2 力系的分類，說明如下：

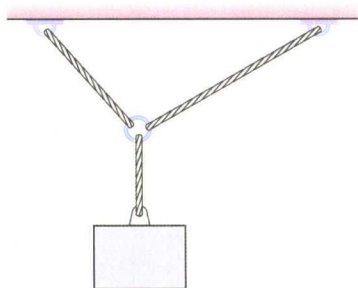
- (1) **共線力系**：指在同一平面上，各作用力皆在同一作用線上時之力系，如圖 1-3 所示。



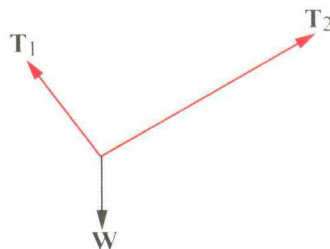
圖 1-3 共線力系



(2) **同平面共點力系**：指在同平面上，各作用力之力線相交於一點時之力系，如圖 1-4 所示。



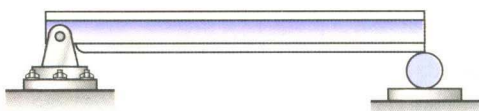
(a)實例圖



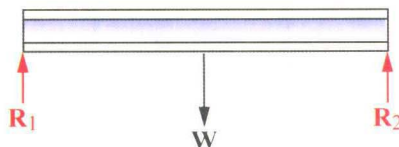
(b)自由體圖

🔵 圖 1-4 共點力系（有關力系自由體圖的畫法，在第 2-4 節再加以詳述）

(3) **同平面平行力系**：指在同平面上，各作用力均互相平行之力系，如圖 1-5 所示。



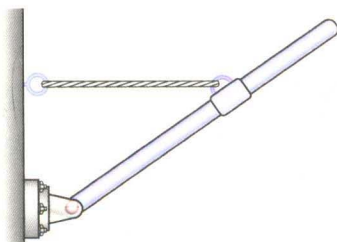
(a)實例圖



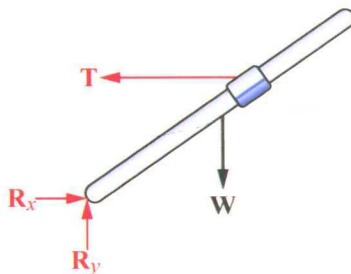
(b)自由體圖

🔵 圖 1-5 非共點平行力系（有關力系自由體圖的畫法，在第 2-4 節再加以詳述）

(4) **同平面非共點非平行力系**：指在同平面上之各作用力既不全部互相平行，也不相交於一點之力系，如圖 1-6 所示。



(a)實例圖



(b)自由體圖

🔵 圖 1-6 非共點非平行力系（有關力系自由體圖的畫法，在第 2-4 節再加以詳述）

- (5) **非同平面共點力系**：指在空間中，各作用力相交於一點，但不在同一平面上之力系。
- (6) **非同平面平行力系**：指在空間中，各作用力互相平行，但非在同一平面上之力系。
- (7) **非同平面非共點非平行力系**：指在空間中，各作用力既不相交於一點，也不互相平行，亦不在同一平面上之力系。

在高職機械力學的學習領域中，僅限於同平面力系，非同平面力系則為大專之課程領域。