



# 機構與機械動力學

Mechanisms and  
Dynamics of Machinery

原著者：Mabie/Ocvirk

譯述者：鄺允銘・楊光榮  
張正憲

科技圖書股份有限公司

# 機構與機械動力學

Mechanisms and  
Dynamics of Machinery

原著者：Mabie/Ocvirk

譯述者：鄺允銘・楊光榮  
張正憲

科技圖書股份有限公司

行政院新聞局登記證 局版台業字第 1123 號

---

版權所有 • 翻印必究

## 機構與機械動力學

原著者：Mabie/Ocvirk

譯述者：鄺允銘 • 楊光榮 • 張正憲

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市重慶南路一段 49 號四樓之 1

電話：3118308 • 3118794

郵政劃撥帳號 0015697-3

---

80年 10 月 2 版 特價新台幣 260 元

ISBN : 957-655-076-9

# 第三版SI版原序

本書依據第三版改寫成國際制版 (SI version)。所有尺寸與力單位均用國際制 (SI) 單位與習用符號來標示。在討論力分析各章節中，使用質量 (mass) 要比用重力與重力常數導出的力為優先。在此要特別強調，公斤 (Kilogram) 只是用來表示質量。

在討論齒輪各章節中，除原列的英制外，也加附公制。另外也附入英國標準與德國標準 (公制)。

本書國際制版的發行，要特別感謝澳洲南威爾斯大學的 J. Y. Harrison 教授與美國維吉尼亞州立技術學院的 V. I. Conley 與同州州立大學 C. J. Kauffmann 先生等的協助。

HAMILTON H. MABIE

# 第三版原序

本書的改版，因同伴 F. W. Ocvirk 教授不幸於 1967 年去世，因而較預定發行日期延後達數年之久。

本版的主要改變之處，計有第十章的“機械動力學”與第十一章的“機械力分析”。在第十章內新增下列諸題材：使用單位向量的速率分析與加速度分析，相對速率與相對加速度使用單位向量的分析法，應用圖解微分法以及電算機解法，用複合向量作空間連桿組的分析等。關於圖解速率與加速度分析法中，亦加入複合向量分析。

在第十一章內，新增下列諸題材；使用橫向分量與徑向分量的力分析圖解法，與單位向量法，單位向量重疊法、虛功法作連桿組分析，由動力特性作連桿組的運動分析，重疊原理圖解分析與力分析等，均使用複合向量觀念。

除有關齒輪章外，國際制單位普遍在本書內使用。因在目前齒輪的國際制標準尚未完全建立之故。

本書得以順利發行，要特別感謝維吉尼亞技術學院及維州州立大學的機械系同仁，N. G. Eiss；J. P. Mehancy；H. P. Marshall；L. D. Mshall；R. G. Mitchiner；L. A. Padis 與 H. H. Robert-Shw 等的熱忱協助，同時也要感謝本書各位審稿的先生們。

HAMILTON H. MABIE

# 目 錄

## 第一篇 機構學

### 第一章 總 論

- 1.1 機構學簡介 3
- 1.2 機構、機器 6
- 1.3 運 動 7
- 1.4 運動的循環、週期和相 9
- 1.5 對 偶 9
- 1.6 連桿、鏈 9
- 1.7 對偶的倒置 10
- 1.8 運動的傳遞 10
- 習 題 13

### 第二章 連桿組

- 2.1 四連桿組 15
- 2.2 滑塊曲柄機構 19
- 2.3 蘇格蘭軛 21
- 2.4 快回機構 22
- 2.5 肘節機構 24
- 2.6 歐氏聯軸節 25
- 2.7 直線運動機構 25
- 2.8 縮 圖 器 26
- 2.9 葉 輪 26
- 2.10 虎克氏接頭 28

- 2.11 等轉速比萬向接頭 30
- 2.12 間歇運動機構 33
- 2.13 機構的規劃 38
- 習 題 38

### 第三章 凸 輪

- 3.1 平板凸輪—徑向從動件 46
- 3.2 平板凸輪—附搖擺從動件 49
- 3.3 確動凸輪 51
- 3.4 圓柱凸輪 52
- 3.5 反 凸 輪 53
- 3.6 具徑向平板從動件的凸輪 62
- 3.7 具徑向滾子從動件的凸輪 68
- 3.8 具搖擺滾子從動件的凸輪 76
- 3.9 三度空間的凸輪 80
- 習 題 83

### 第四章 正齒輪

- 4.1 漸開線正齒輪簡介 93
- 4.2 漸開線學 97
- 4.3 正齒輪細部 100
- 4.4 漸開線作用的特性 101
- 4.5 漸開線齒輪的干涉(擾) 107
- 4.6 可交換齒輪 109
- 4.7 避免干涉的最少齒數 114
- 4.8 齒隙的決定 118
- 4.9 內齒輪(環齒輪) 122
- 4.10 擺線齒輪 123
- 4.11 公制齒輪 125
- 習 題 129

## 第五章 非標準正齒輪

- 5.1 非標準正齒輪的原理 137
- 5.2 延伸中心距制 139
- 5.3 長短齒冠制 147
- 5.4 漸速作用齒輪 149
- 習 題 152

## 第六章 斜齒輪、螺旋齒輪與蝸輪傳動

- 6.1 斜齒輪原理 158
- 6.2 斜齒輪細部 163
- 6.3 Gleason 直齒斜齒輪齒形比例 165
- 6.4 斜角直齒斜齒輪 166
- 6.5 零角斜齒輪 166
- 6.6 斜螺齒輪 167
- 6.7 戟齒輪 167
- 6.8 螺旋齒輪原理 171
- 6.9 平行螺旋齒輪 176
- 6.10 交叉螺旋齒輪 179
- 6.11 蝸輪傳動 181
- 習 題 185

## 第七章 齒輪系

- 7.1 齒輪系簡介 196
- 7.2 行星齒輪系 199
- 7.3 行星齒輪系的應用 209
- 7.4 行星齒輪系的裝置 212
- 習 題 216

## 第八章 計算機構



- 8.1 數位計算機 231
- 8.2 類比計算機 231
- 8.3 加 和 減 232
- 8.4 乘 和 除 235
- 8.5 積 分 236
- 8.6 三角函數 241
- 8.7 倒 數 243
- 8.8 平方、平方根、乘積平方根 244
- 8.9 計算用凸輪與齒輪 246
- 8.10 連桿組式函數產生器 252
- 8.11 精 確 度 252
- 8.12 方 塊 圖 253
- 習 題 256

## 第九章 綜合法導論

- 9.1 正確點的分佈 261
- 9.2 已知瞬時角速度與角加速度以設計四連桿組 262
- 9.3 四連桿組函數產生器設計 267
- 9.4 四連桿組函數產生器的圖解法 276
- 習 題 278

## 第二篇 機械動力學

### 第十章 機械運動學

- 10.1 簡 介 283
- 10.2 一粒子的線性運動 285
- 10.3 角 運 動 288
- 10.4 相對運動 289
- 10.5 速度與加速度的分析方法 291
- 10.6 向量數學的速度與加速度分析 291

10.7	機構中速度的圖形決定法	304
10.8	機構中粒子間的相對速度	304
10.9	在一共用連桿中粒子間的相對速度	305
10.10	數個連桿上重疊點的相對速度	309
10.11	滾動元件觸點上重合粒子的相對速度	313
10.12	速度的瞬時重心	315
10.13	瞬心的記號	317
10.14	甘迺迪定理(三瞬心定理)	318
10.15	用甘迺迪定理決定瞬心	319
10.16	用瞬心決定速度法	321
10.17	滾動元件	324
10.18	機構中的加速度圖解	325
10.19	機構中粒子的相對加速度	325
10.20	在一共同連桿上各粒子間的相對加速度	325
10.21	在不同連桿上重疊點的相對加速度及科利奧里氏加速度	329
10.22	滾動元件接觸點上重合粒子的相對速度	337
10.23	用單位向量的相對速度與加速度之方程式的解析法	341
10.24	圖形微分	346
10.25	複數法運動學分析	352
10.26	滑塊曲柄機構用複數法作運動分析	355
10.27	滑塊曲柄機構的倒置機構	359
10.28	四連桿組的分析	361
10.29	複雜機構	365
10.30	空間連桿組	367
	習題	369

## 第十一章 機械之力分析

11.1	概 述	394
11.2	轉子葉片之離心力	395
11.3	慣力及慣扭矩	398

11.4	力之決定	401	
11.5	連桿力分析	403	
11.6	用虛功法作連桿組分析	420	
11.7	由動力學特性作連桿組的運動分析		424
11.8	用複數作連桿組的力分析	428	
11.9	引擎力分析	435	
11.10	動力當等質量	441	
11.11	當等質量的應用	442	
11.12	用點質量作引擎力分析	443	
11.13	引擎體	450	
11.14	引擎輸出扭矩	452	
11.15	飛輪的大小	457	
11.16	輪齒上的力	463	
11.17	凸輪力	469	
11.18	廻旋力	472	
11.19	慣性矩的決定	477	
	習題	481	

## 第十二章 機械之平衡

12.1	概 述	506
12.2	轉子的平衡	507
12.3	動力與靜力平衡	513
12.4	均衡試驗機	515
12.5	往復質量的平衡	516
12.6	不平衡的解析決定法	518
12.7	點火順序	526
12.8	V 引擎	526
12.9	對置引擎	529
	習題	530

## 第十三章 機器裡的振動

- 13.1 概 述 539
- 13.2 強制振動 540
- 13.3 自然振動 544
- 13.4 強制振動的振幅 546
- 13.5 傳遞率 549
- 13.6 動作傳遞率 551
- 13.7 阻 尼 551
- 13.8 軸的迴旋運動 558
- 13.9 自然頻率及臨界速率 561
- 13.10 具多質量軸的自然頻率 561
- 13.11 直徑具變化的軸 567
- 13.12 高次臨界速率 570
- 13.13 扭轉振動 573
- 13.14 具兩圓碟軸的扭轉振動 574
- 13.15 一軸附有許多圓碟的扭轉振動 579
- 13.16 梯級式軸 580
- 13.17 附齒輪的扭力系統 581
- 習 題 583
- 附錄一 漸開線函數表 593
- 附錄二 漸開線齒形近似畫法 596
- 附錄三 公英制單位換算因數 597

第一篇

MECHANISMS

機構學



# 第一章

## Introduction

### 總論

1.1 機構學簡介：機構學（mechanisms），是一門重要的學科。隨着工具設計、自動控制、以及自動化設備方面的進展，對機構學的研究亦有其新的意義。機構學一詞，可定義為：機械設計的一部門，所研究的是有關連桿組、凸輪、齒輪以及齒輪系等的運動設計。所謂運動設計（

*Kinematic design*）是以機件的運動作為設計基礎，這與用機件強度作為設計基礎是不同的。為使讀者對學習的內容有一清晰概念，茲將上舉各種機構分別舉例說明如下：

如圖 1.1 所示，這種連桿組稱為“滑塊曲柄”（slider-crank）。連桿 1 為機架（frame）並保持靜止。連桿 2 為曲柄（crank），連桿 3 為聯結桿（connecting rod），連桿 4 為滑塊（slider）。此種連桿組常用於內燃機上。此時連桿 4 變成活塞（piston），如圖 1.2 所示。

圖 1.3 顯示一個凸輪（cam）及其從動件（follower）。當凸輪以等速度旋轉時，從動件就跟着上下運動。從動件向上的運動，是由凸輪推動的，而向下的運動，則是藉其自身重力的作用，或由彈簧來推動的。凸輪應用的範圍很廣，最常見的是用於汽車引擎的進氣閥及排氣閥上。如圖

#### 4 機構與機動學

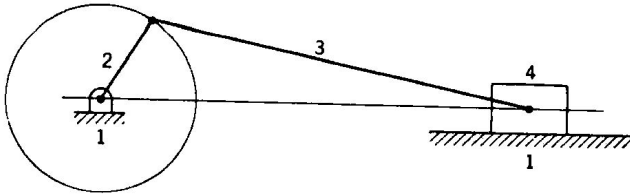


圖 1.1

1.2 所示。圖 1.4 所顯示的是一個三維空間 ( three-dimensional ) 的凸輪。在此情形中，從動件是隨着凸輪的旋轉與軸向運動 ( axial motion ) 而運動的。

齒輪 ( gear )，常用來將動力由一根軸傳到另一根軸上，並使兩者的轉速比保持一定。圖 1.5，顯示幾種常用的齒輪。

在某些情況下，由於所需要的減速比過大，而不宜只用兩個齒輪來達成目的，此時應用數個齒輪來達到要求，這就是齒輪系 ( gear train )

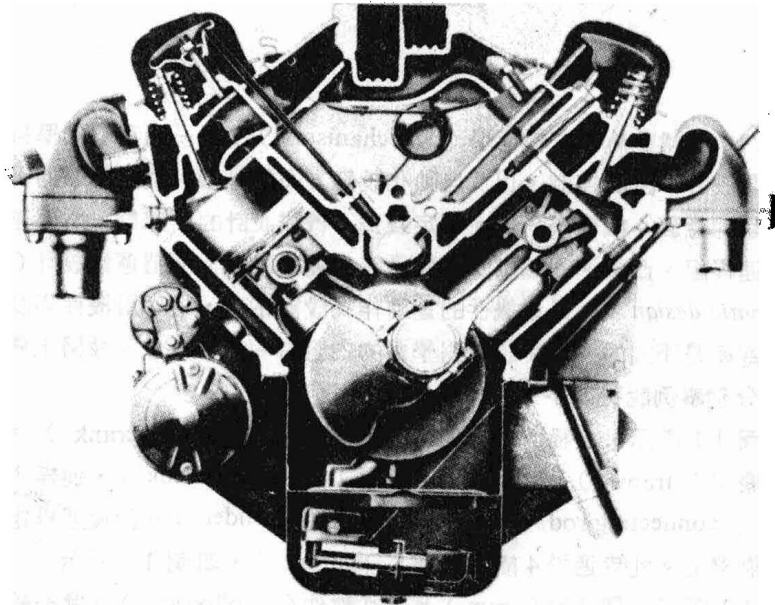


圖 1.2 Chevrolet V-8 引擎，顯示滑動曲柄機構 ( 通用汽車公司提供 )



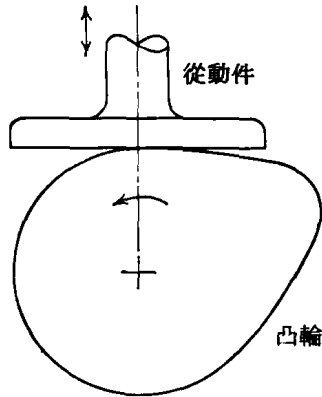


圖 1.3 二度空間的凸輪

了。圖 1.6 顯示一個齒輪系，動力由齒輪 1 傳至齒輪 2，再由齒輪 3 傳至齒輪 4。齒輪 1 為原動件，齒輪 2 與齒輪 3 則裝在同一根軸上。在應用上，我們希望能移動齒輪系中的齒輪以獲得不同的速度組合。最好的例子就是汽車的排擋系統。我們僅利用兩個齒輪的移動變化，獲得三個前進擋與一個後退擋。

在自動控制的裝置裏，如何獲得正確的運動是最重要的事。在這種情況中，每個零件所傳達的動力通常都是很小，所以可忽略不計，因此在設計零件時，以運動為主，零件強度的考慮列在其次。

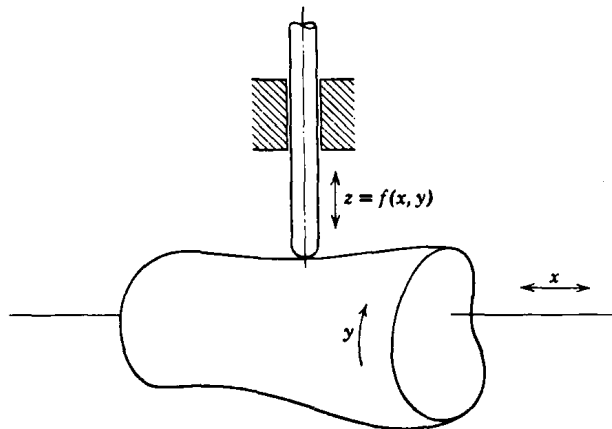


圖 1.4 三度空間的凸輪