

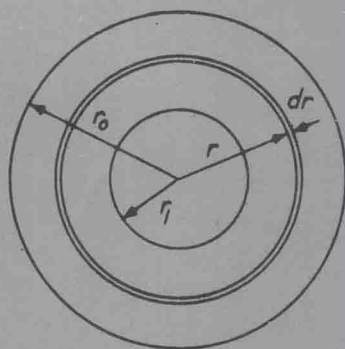
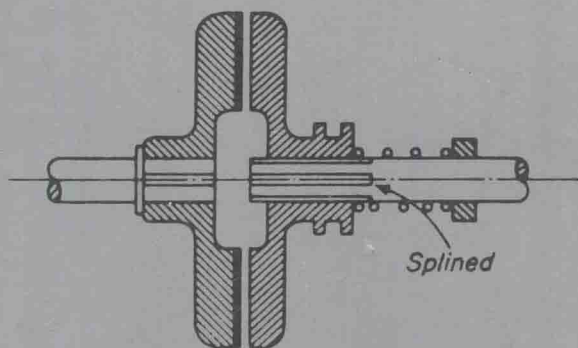
M.F. Spotts

第六版

機械元件設計

彭佳犁博士校訂

李世傑 譯



M.F. Spotts

第六版

機械元件設計

彭佳犁博士校訂

李世傑 譯

江苏工业学院图书馆
藏书章

 超級科技圖書股份有限公司

機械元件設計

Design of Machine Elements

版權所有

超級

翻印必究

校訂 彭佳犁 博士

譯者 李世傑

發行人 林國富

發行所 超級科技圖書股份有限公司

業務部 永和市林森路50號4樓

電話 9251021

郵政劃撥帳號 1009155-4

行政院新聞局登記證局版台業字第2405號

承印者 申全盛彩色印刷廠

中和市員山路294巷9號

初版 中華民國七十五年五月

定價 叁佰伍拾元整

原 序

前版之主要特色在本版（第六版）中仍舊保留。但在全書中我們也作了許多改善，如簡化設計方法及使其更易懂及易用等。只要適當，我們在不同章節中加入了不同的教材，包括兩百多題附有答案的習題。

如前版中所述，本書之目標即對一般使用之機械元件，給予設計上之計算訓練。事實上，除非熟悉此類基本理論至相當程序，否則任何人都不能稱自己為職業機械工程師。當然，對每一元件我們均可加入更多教材，但由於篇幅的限制，故我們必須僅討論在處理設計時，主要且較重要的部份。對可能發生連續變動負載及應力集中等問題，我們將特別注意。幾乎所有的數學推導，我們均將其完整列出，以使本書儘可能的實用，甚至於權威性及可採用。

國際單位系統（通常稱 SI 系統）在本書中亦保留，但若無需要可將其省略。書中已提供足夠的數據，使任何時候必須利用公制系統來作設計計算時，均能使用。在本序言後面並附有一些有用的參考書。

從學校畢業後，熟悉本書所提及之各種方法的學生，在其面對實際狀況時，均能做必須之調整以適應此實際狀況。對一些希望在某部份機械設計領域中成為專家的學生而言，本書亦可用作當他們作進一步研究前的訓練。

本書採用之符號簡單且統一。各章之間均完全獨立，且其可以任何次序來研讀而不需事先之背景知識。所有的原理均以附有數字的例題來說明之。第一章中將複習一些在全書中都會用到的主要基本力學。

本書代表在工業及課堂上三十多年的經驗，同時本書中所提供之原理均為整個機械設計領域中最基本者。

參考資料

1. *AN American National Standard ASTM/IEEE Standard Metric Practice, ANSI Z 210.1-1976*, New York, 345 East 47th St.: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
2. *The International System of Units, NASA SP-7012*, Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration, 1973.
3. *ASTM Standard Metric Practice Guide, E380-72*, Philadelphia, Pa., 1916 Race St.: American Society for Testing and Materials.
4. *Dual Dimensioning*—SAE J390, New York, 2 Pennsylvania Plaza.: Society of Automotive Engineers, 1970.
5. *ASME Orientation and Guide for Use of Metric Units*, E58, New York, 345 East 47th St.: American Society of Mechanical Engineers, 1972.

Evanston, Illinois

M. F. Spotts

譯者序

在機械工程的領域中，“機械元件設計”可說是一門大學問，因為其中包括了力學、金屬材料、機動學，甚至於熱學。就是因為它的範圍廣，故在研讀時，讀者亦應將相關知識好好複習一下。

本書有一特色，就是習題很多。作者希望經由反覆的練習，使讀者能熟悉的運用各種設計公式。當然，有很多公式是不須背誦的，只要熟悉用法即可。因為很多公式都屬於經驗方程式，強制背誦並沒有什麼意義。

另一點須注意的是單位問題。本書綜合了英制及公制兩種單位，其各種轉換因數列於書中。雖然公制單位已廣為世界各國所接受，但對一個原本以英制單位為主的國家，要改為使用公制單位，要花很長的一段時間去改變。故現在許多國家仍有採用英制者。作者對書中各例題或習題，均分別應用兩種單位制，故不論讀者熟悉那一種，都可以作練習。

本書所有譯名均參考正文書局出版的“機械工程名詞大辭典”，若有遺漏錯誤之處，尚請讀者見諒，並不吝賜教。

譯者

中華民國七十五年四月

緒 言

機械設計

機械設計為一種規劃或發明新且更精良機械，以達到特定目標的藝術。通常，一部機器包括一些經過適當設計的元件，將其組合在一起，整體一起工作。在一機械的最初計劃期間，對於負荷、使用機動元件之型式，及工程材料性質的正確利用等，均需作基本之決定。在做新機械的設計工作時，經濟上的考慮通常是最重要的。一般來說，總價格需要低。不僅要考慮設計、製造、銷售、裝配等成本，同時也要考慮售後服務之成本。當然，機械須具備必要的安全設施及美觀的外型。故我們的目標在生產一部機械，使其不僅是堅固適用，有合理的壽命，同時要便宜得合乎經濟要求。

負責設計的工程師，不僅須有適當的技術上訓練，且必需具備正確的判斷力與豐富的經驗，而這些素養只有在長時間從事於實際專業工作後才能獲得。對仍在學的大學生而言，可在好老師的教導之下，向這方面開始進行。但是，對一個準設計者而言，離開學校後仍必需不斷的閱讀及研究，特別是與優秀的工程師一起工作，以期得到實際的經驗與訓練。

機械元件設計

如書名所示，本書並不討論一部完整機械廣大的設計，僅說明組成機械之各元件，其作正確的設計所需的基本原理。

當然，機械設計原理是通用的。同樣的定理與方程式，可以應用在儀器中一個極小的元件上，也可應用在大型設備內一個較大而類似的元件上。但是，在任何情形之下，數學的計算均不能視為絕對及最後，而都要受到工程工作上所需要的各種假設精確度的影響。有時，整部機械的零件中，只有一部份的設計是基於解析計算。而其餘零件之形狀與尺寸，通常經由實際的考慮而決定。換句話說

，若機械非常的昂貴，或是以重量為考慮因素（如飛機），則可能要對所有的零件均作設計上之計算。

當然，設計計算的目的即在預測各零件之應力或變形，以使其能安全承受加於其上之負荷，並維持到機械預期之壽命。當然，所有的計算必需根據結構之材料，其在實驗室實驗所得之物理性質來決定。一個合理的設計方式是採用如：拉伸、壓縮、扭力與疲勞等較簡單且基本的試驗所得的結果，再將其應用到實際機械所遇到的所有複雜的情況中。

此外，我們已充分的證明一些如表面狀況，內圓角、凹痕、製造公差、與熱處理等細節，其對機械零件的強度與使用壽命，均有顯著的影響。設計與繪圖部門必需對所有此類特性完整的詳加註解，並藉此對加工成品作必要而妥當的管制。

對設計者而言，迅速且精確的數字計算訓練是有極大的價值。設計者應當保存一本精確的筆記本，將所做過的工作詳加記錄，以作為經常必要的參考。按比例仔細地繪出略圖也是必要的，並在紙上預留空位，以便記錄與此問題有關之數據。不用說，所有的數據、假設、方程式、及計算均須完整的記下，以便在日後參考時能易於了解。學生們必需開始養成這種習慣，同時建議學生將本書的習題予以保存，以當作參考材料之用。

作者 謹識

目 錄

原 序

譯者序

緒 言

第一章 基本原理	1
1-1 靜力平衡	2
1-2 工程材料	2
1-3 拉應力及壓應力	3
1-4 SI 單位制的拉力與壓力	5
1-5 力與質量	7
1-6 拉力與壓力之靜不定問題	8
1-7 重心	9
1-8 樑之撓曲	11
1-9 慣性矩	14
1-10 慣性矩的軸轉換	16
1-11 重疊原理	18
1-12 附加的樑方程式	20
1-13 樑之撓曲	22
1-14 鑄件上肋之效應	28
1-15 剪應力	30
1-16 樑之橫向剪應力	31
1-17 剪力及彎矩圖	36
1-18 細長壓力構件或柱	39
1-19 任一已知方向之應力	42

1-20	莫爾圓	44
1-21	雙向之應力與變形	48
1-22	由剪應力而造成之樑的撓曲	50
1-23	聖維拿特原理	51

第二章 工作應力

91

2-1	應力應變圖	92
2-2	破壞之型式，延性材料及脆性材料	93
2-3	具穩定應力之延性材料	95
2-4	損壞之最大剪應力理論	96
2-5	兩方向之法線應力	98
2-6	米塞斯 - 漢克或扭變能理論	99
2-7	材料之疲勞限制	101
2-8	影響疲勞強度之因素	102
2-9	由於形狀突變所產生之應力集中	105
2-10	應力集中係數	106
2-11	完全逆向應力之延性材料	115
2-12	在穩定及交變組合應力下之延性材料 及修正固德曼圖	116
2-13	應力集中之靈敏性	119
2-14	使用破裂之解釋	120
2-15	穩定應力之脆性材料	121
2-16	波動負荷之脆性材料	123
2-17	有限壽命範圍內之負荷	123
2-18	疲勞破壞曲線	124
2-19	邁尼爾方程式	127
2-20	由短時間測試所決定之疲勞壽命	129
2-21	安全係數	130
2-22	修正固德曼圖的另一形式	131

第三章 軸

151

3-1	圓形軸的扭轉	152
3-2	傳動功率	157

3-3	最大靜剪應力	160
3-4	傳動軸設計之 <i>ASME</i> 法則	161
3-5	變動負荷之最大剪力理論	163
3-6	軸之 <u>米塞斯</u> - <u>漢克</u> 理論	165
3-7	鍵	166
3-8	應力集中	169
3-9	聯結器	172
3-10	兩平面上之彎矩負荷	174
3-11	三支點上之軸	176
3-12	曲軸	178
3-13	轉動軸的臨界速度	180
3-14	不等直徑軸的撓度	182
3-15	由彈性能求軸之斜率	184
3-16	非圓形軸之扭轉	185
3-17	寬矩形桿之扭轉	187
3-18	一般矩形桿之扭轉	188
3-19	組合截面	189
3-20	薄壁管	192
3-21	軸用材料	194

第四章 彈簧

221

4-1	螺旋彈簧	222
4-2	彈簧材料之性質	227
4-3	熱成形彈簧	228
4-4	靜負荷下材料體積最小之螺旋彈簧	230
4-5	螺旋彈簧的最佳設計	233
4-6	彈簧疲勞	236
4-7	變動負荷的設計	237
4-8	壓縮彈簧之屈曲	239
4-9	螺旋彈簧之振動或顫動	240
4-10	商用公差	241
4-11	壓縮彈簧之端圈效應	241
4-12	螺旋拉伸彈簧	244

4-13	矩形線之螺旋彈簧	245
4-14	扭轉負荷之螺旋彈簧	247
4-15	板片彈簧	250
4-16	彈簧之能量貯存	252
4-17	圓錐形彈簧	253
4-18	橡膠彈簧	255

第五章 螺釘

269

5-1	螺紋種類	269
5-2	標準螺紋	273
5-3	統一螺紋	273
5-4	美國國家螺紋	275
5-5	識別符號	276
5-6	SI 螺紋	276
5-7	初應力之效應	277
5-8	附加設計考慮事項	281
5-9	動力螺釘	283
5-10	欲製造希望之夾力所需的扭矩	289
5-11	螺釘之摩擦	290
5-12	應力集中	290
5-13	鎖緊螺帽	292
5-14	材料及製造方法	293
5-15	衝擊負荷之應力	295
5-16	鬆脫	297

第六章 帶、離合器、剎車與鏈

305

6-1	V 型帶	306
6-2	V 型帶傳動的中心距離	308
6-3	V 型帶的疲勞	310
6-4	其他型式皮帶	316
6-5	圓盤或平板離合器	318
6-6	圓盤剎車	321
6-7	圓錐離合器	322

6-8	皮帶利車	323
6-9	短塊利車	326
6-10	樞軸長塊利車	327
6-11	樞軸對稱塊利車	332
6-12	襯料壓力	334
6-13	利車的發熱	335
6-14	滾子鏈	335
6-15	滾子鏈的馬力容量	336
6-16	滾子鏈的緊貼	340
6-17	滾子鏈的潤滑	341
6-18	多邊形作用	341
6-19	無聲鏈	341

第七章 熔接與鉚接

355

7-1	熔接製造	356
7-2	融化熔接	356
7-3	融化熔接的強度	357
7-4	偏心負載熔接——靜負載	359
7-5	熔接的應力集中	364
7-6	殘留應力 - 熔接性	365
7-7	電焊條	366
7-8	變動負載設計	367
7-9	電阻熔接	369
7-10	其他熔接	371
7-11	軟焊及硬焊	372
7-12	爐內硬焊	374
7-13	中心負載的鉚接	375
7-14	鉚釘應力	376
7-15	薄壁管應力	377
7-16	偏心負載的鉚接	380
7-17	轉動的瞬時中心	383
7-18	黏著劑	385

第八章 潤滑

397

8-1	黏度與牛頓定律	398
8-2	皮綽夫軸承方程式	399
8-3	支承負載的頸軸承	403
8-4	頸軸承的負載與摩擦曲線	404
8-5	摩擦的動力損耗	410
8-6	自冷式軸承的動力損耗	411
8-7	油膜溫度與最小油膜厚度設計	414
8-8	黏度的測量	416
8-9	黏度指數	421
8-10	Zn/P 曲線	422
8-11	軸承材料	424
8-12	軸承負載	427
8-13	軸承結構	428
8-14	間隙與油槽	429
8-15	彈性配合	431
8-16	乾摩擦	432
8-17	邊界或薄膜潤滑	434
8-18	混合或半流體潤滑	435

第九章 滾珠軸承與滾子軸承

443

9-1	滾珠軸承的結構與型式	443
9-2	滾珠軸承的選擇	445
9-3	軸向負載的效應	448
9-4	變動負載的設計	450
9-5	靜容量	453
9-6	不同可信度之設計	454
9-7	滾球軸承的摩擦與潤滑	454
9-8	軸承材料與表面光製	456
9-9	滾珠軸承的裝置	457
9-10	容許未對準	458
9-11	不研磨滾珠軸承	459

9-12	滾動元件軸承的相對優點	460
9-13	滾子軸承	461
9-14	圓柱間接觸應力	462
9-15	彈性流體動力潤滑	464

第十章 正齒輪 471

10-1	導論	472
10-2	齒輪傳動裝置的速度定律	473
10-3	漸開線輪齒運動學	475
10-4	擺線輪齒	477
10-5	輪齒的節	478
10-6	齒輪齒節的國際單位 (SI 制)	481
10-7	齒輪傳動的標準系統	482
10-8	製造法	484
10-9	齒隙	487
10-10	齒輪光製法	488
10-11	齒輪力及其效應	489
10-12	傳送動力齒輪齒的負載	489
10-13	輪齒間的動負載	492
10-14	接觸輪齒的力變量	497
10-15	齒輪齒的彎曲容量	498
10-16	正齒輪的齒形係數或 <u>路易士</u> 係數	500
10-17	接觸應力或磨耗的輪齒容量、表面耐久性	502
10-18	齒輪系在最大馬力容量的運轉	508
10-19	彎曲負載的決定	510
10-20	齒的接觸對數	511
10-21	齒輪的尺寸	513
10-22	長短齒冠傳動	514
10-23	輪系的速度比	516
10-24	內齒輪或環齒輪	520
10-25	齒輪的尺寸	521
10-26	齒輪材料	521
10-27	齒輪潤滑與安裝	522

10-28	齒輪損壞	523
10-29	行星齒輪系	524

第十一章 斜齒輪、蝸輪與螺旋齒輪

539

11-1	直齒斜齒輪	540
11-2	斜齒輪的樑強度	541
11-3	磨耗極限負載・動力負載	542
11-4	斜齒輪的軸承負載	545
11-5	蝸線斜齒輪	546
11-6	蝸輪	549
11-7	蝸輪的幾何形關係	549
11-8	蝸輪的馬力容量	554
11-9	蝸輪減速的熱容量	557
11-10	螺旋齒輪	560
11-11	螺旋齒輪的節徑	561
11-12	成形齒數	563
11-13	嚙合齒輪的中心距離	564
11-14	螺旋齒輪的齒負載	565
11-15	平行軸之螺旋齒輪的動負載及磨耗負載	566
11-16	交叉軸螺旋齒輪的負載容量	567

第十二章 雜項機械元件

573

12-1	厚圓筒的應力	573
12-2	收縮與壓入配合應力	576
12-3	壓入配合產生的應力集中	579
12-4	圓盤飛輪應力	581
12-5	有輪輻與輪緣的飛輪	582
12-6	飛輪條件	585
12-7	彈性體的衝擊	588
12-8	以能量法求衝擊應力	590
12-9	落體重力	593
12-10	樑上重物的衝擊	595
12-11	密合墊片與密封	596

12-12	靜負載密合墊片的設計	599
12-13	鋼絲索	605
12-14	曲樑	609
12-15	矩形截面曲樑	611
12-16	圓截面曲樑	615
12-17	曲桿的角撓度	615
12-18	凸輪	615
12-19	具有中心滾子從動件的平板凸輪	618
12-20	具中心滾子從動件凸輪的製造	620
12-21	具平面從動件的平板凸輪	621
12-22	多力凸輪	623
12-23	凸輪設計注意事項	623
12-24	扣環	624
12-25	平板	625

第十三章 註明尺寸與細節

641

13-1	註明尺寸	641
13-2	多餘的尺寸註明	642
13-3	間隙配合的尺寸註明 —— 最大材料	642
13-4	干涉配合的尺寸註明 —— 最小材料	644
13-5	單向公差與雙向公差	644
13-6	標準化圓柱配合	645
13-7	偏心率	646
13-8	累積與非累積尺寸註明	648
13-9	基準	650
13-10	以鬆螺栓裝配之有孔元件	650
13-11	真位尺寸註明	651
13-12	利用字母符號之孔尺寸	651
13-13	以固定量規檢查孔位置	653
13-14	限制在修正符號 M 的固定規使用	658
13-15	錐形孔之尺寸標註法	658
13-16	具穿透孔之元件與具錐形孔之元件的裝配	662
13-17	基準的三平面概念、幾何公差	665