

機械零件設計

原著者 M. F. Spotts

譯著者 李 春 亮

曉園出版社
世界圖書出版公司

機械零件設計

原著者 M. F. Spotts

譯著者 李 春 亮

曉 園 出 版 社

世界圖書出版公司

北京·廣州·上海·西安

机械零件设计第6版

M. F. 斯波茨 原著

李春亮 译著

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街137号

北京通州印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1993年6月第一版 开本: 850×1168 1/32

1993年6月第一次印刷 印张: 24.5

印数: 0001-1600 字数: 58.6万字

ISBN: 7-5062-1625-6/TH·21

定价: 18.90元 (W_{9303/27})

世界图书出版公司通过中华版权代理公司向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行

在廣大的工程領域中，最基本的事是了解力學原理及材料性質，不良的機械設計所造成的問題比其他任何一種都多，使我們了解熟悉基本機械工程原理的必要性。

SIR GEORGE H. NELSON.

電機工程師協會主席

譯 序

任何著作能夠博得衆多行家的青睞，廣為流傳，歷久而彌新，絕無倖致。Spotts這本機械元件設計自1948年第一版問世迄今，歷經六度修訂，垂四十年而能屹立不搖，仍然是國內外的熱門教本、工程師的絕佳資料，自然有它的道理。

1. 平均每六、七年便修訂一次，使書的內容、資料維持新穎、適用。
2. 選材適當，所選內容均為機械工程師不能或缺的知識，也是機械上不能少的元件。
3. 從最基本的力學原理出發以分析、演繹的方式介紹元件的設計方法，極少引用經驗設計公式，使學者既能習得方法的精髓，又能保持良好的彈性不致囿於一家之言。
4. 每章末均附參考資料及豐富的習題，利於進一步的研習。

本書第五版國內譯本不下四、五種，所受重視自不待言。譯述這種名著，本社自然是本著戰戰兢兢的態度，除敦聘為本社翻譯世界名著——Timoshenko & Gere的材料力學，而廣受好評的李春亮先生執譯筆；更承台北工專機械科及華夏工專機械科陶霖等諸位老師協助校訂外，更在編校、印刷、裝訂上精益求精。務使本書的譯本能夠以與原著聲譽等量齊觀的品質出現在讀者面前。

為了使“明天會更好”，本社殷切地期盼讀者的回饋，指正疏誤，本社將虛心受教、改進。

編 審 部 謹 識

原 序

本書前幾版中的特色均保存在第六版的新書中，在本書中也簡化了設計的問題及這些準則更易理解及易於使用。在每一章中適當的地方加入了一些新的內容，另外增了200個新習題及解答。

如前幾版書的目的一般，本書的目的也是對世界通用的機械文件設計的計算能力作一訓練。事實上，一個人除非對這一類的基本理論有相當的了解，否則不能自稱為機械工程師的。當然，對每一文件都有更多的東西可寫，但因為書本內容量的限制，所以只能列出每一設計要求的中心主題及最重要的方法。在有連續起伏變化的負荷及有應力集中現象的情況，將有特別的討論。幾乎所有的數學推導過程均保持完整，以使本書儘量實用、方便、有權威性及適用在各個情況。

SI單位方面的內容也予以留，但修改為在不需要時可方便地刪去。在書中有充份的資料可供作公制的設計計算。在本序文末，列有甚有價值的參考資料。

在離開學校後，熟悉本書所列出的各種設計方法的學生可以作一些修正以符合他們所面對的特別情況。本書亦可供那些想在某些機械設計的特別領域中成為專家的學生之進一步深造作為初級訓練之用。

書中的符號甚為簡單且一貫，每一章都很獨立，完整，所

以可按任何章數的次序來唸這本書。所有的原理均以有數字的例子來說明之。第一章別出了本書所使用的基本力學之要點的回顧。

這本書代表了筆者 30 年來在工業界及課堂上的經驗，本書所列的原理是機械設計整個領域的基礎。

前 言

1. **機械設計** 機械設計是為了完成特定目的，而計畫或發明新的，或改善舊有機器的藝術。通常一部機器是由一些不同的機械元件所構成，各元件必須先加適當的設計與安排而成為一整體。在開始計畫一部機器時，必須先對於負荷、運動形式及工程材料性質的正確使用等做原則上的決定，而設計新機器時，經濟因素也非常重要。通常是要求能有最低的總花費，同時，這些費用不只包括設計、製造、銷售及安裝，還包括服務費。當然，機器必須是安全的，並且有美觀的外表，總之就是要能製造出一部不只能以合理壽命作用的機器，同時也要符合經濟要求。

負責設計的工程師不只要有充分的技術訓練，還得具有正確判斷及廣泛經驗的能力，而這些通常只能靠長期的專業性工作才能獲得。當學生還在學校的時候，可以由優良的教師獲得正確的起步，但是離開學校後，就得靠更深入的研究和探討，尤其是和有經驗的工程師一起工作，更有助於這方面的訓練。

2. **機械元件的設計** 本書的內容正如書名般，將不注重整部機器的設計，而只專門處理機器內各元件正確設計所要的基本原理。

設計原理當然普遍性的。同樣的理論或方程式可用到儀器內的小零件上，也可用到大設備內相似的大零件上。不過不管

怎樣，不可以把數學上的計算當做絕對正確，因為在工程上一般都做了必要的假設，而這些假設的精度影響計算結果。有時候一部機器內只有一部份零件是根據分析計算而設計，其餘的形式與尺寸則通常由實際上的考慮決定。相反的，一部機器若非常昂貴，或者重量是個重要的因素，如飛機等，則幾乎所有的零件都要做設計計算。

設計計算的目的當然是想預測零件內的應力或變形，使其能安全地承受加上的負荷，並能維持到機器的預期壽命。所有的計算當然是根據實驗室內決定的材料物理性質。合理的設計方法是把相當簡單而基本的試驗結果，如拉伸、壓縮、扭轉及疲勞等，應用到目前機械遇到的錯綜複雜情形上。

此外，表面狀態、內圓角、缺口、製造公差及熱處理等細節也被證明對於機件強度及使用壽命有重大的影響。設計及製圖部門必須能完全列明這些因素，從而嚴格控制最後的成品。

對設計人員來說，迅速而正確的數值工作訓練具有很大的價值。設計者必須把所做過的所有設計記錄在筆記本上。同時要附上按照比例的草圖，並寫下有關的數據。不用說，所有數據、假設、方程式及計算等都必須完全記下，以便將來參考用。學生們現在就要開始弄成習慣，最好能把本書內的題目做出，並保留起來做為參考資料。

目 錄

第一章 基本原理

1. 靜平衡 2 / 2. 工程材料 3 / 3. 拉應力與壓應力
3 / 4. SI單位的力和壓力 6 / 5. 力與質量 7 /
6. 拉與壓的靜不定問題 8 / 7. 形心 10 / 8. 樑的彎
曲 11 / 9. 慣性矩 14 / 10. 慣性矩軸的平移 16 /
11. 重疊原理 18 / 12. 其他樑的方程式 20 / 13. 樑的
撓度 22 / 14. 鑄件上的肋的影響 29 / 15. 剪應力 31
/ 16. 樑的橫向剪應力 32 / 17. 剪力與彎力矩圖 38
/ 18. 細長的壓縮件或柱 41 / 19. 在任意方向的應力 45
/ 20. 莫氏圓 47 / 21. 雙軸向的應力與變形 52 / 22.
由剪應力引起的樑之撓度 53 / 23. 聖費南原理 54

第二章 工作應力

1. 應力—應變圖 94 / 2. 破壞種類：延性材料與脆性材料 97
/ 3. 受穩定應力的延性材料 97 / 4. 最大剪力損壞理
論 98 / 5. 兩方向上的正交應力 100 / 6. Mi-
ses - Hencky 或畸變能理論 101 / 7. 材料的疲勞限 103

/ 8. 影響疲勞強度的因素 104 / 9. 外形突然改變引起的應力集中 107 / 10. 應力集中因數 108 / 11. 受完全反向應力負荷的延性材料 117 / 12. 同時受穩定與交替應力的延性材料、修正的 Goodman 圖 118 / 13. 應力集中的敏感度 121 / 14. 使用破裂的說明 122 / 15. 受穩定應力的脆性材料 123 / 16. 受變動負荷的脆性材料 125 / 17. 有限壽命範圍內的負荷 125 / 18. 疲勞破壞曲線 127 / 19. Miner's 方程式 130 / 20. 短時間試驗所決定的疲勞壽命 132 / 21. 安全因數 133 / 22. 修正的 Goodman 圖之其它形式 134

第三章 軸 系

1. 圓軸的扭轉 154 / 2. 動力傳送 159 / 3. 最大靜剪應力 162 / 4. 傳動軸系設計的 ASME 規範 163 / 5. 變動負荷的最大剪應力理論 165 6. 軸系的 Mises-Hencky 理論 167 / 7. 鍵 168 / 8. 應力集中 171 / 9. 聯結器 174 / 10. 兩平面的彎曲負荷 176 / 11. 三支點上的軸 176 / 12. 曲柄軸 180 / 13. 旋轉軸的臨界轉速 182 / 14. 直徑不均勻的軸之撓度 184 / 15. 以彈性能量法求軸的斜角 186 / 16. 非圓軸的扭轉 187 / 17. 寬矩形桿的扭轉 188 / 18. 矩形桿扭轉，一般情形 190 / 19. 複合截面 191 / 20. 薄壁管 193 / 21. 用於軸系的材料 195

第四章 彈 簧

1. 螺旋彈簧 222 / 2. 彈簧材料性質 227 / 3. 熱成形彈簧 229 / 4. 材料體積最小的螺旋彈簧，靜負荷 230 / 5. 最佳螺旋彈簧設計 233 / 6. 彈簧的疲勞 236 / 7. 變動負荷下的設計 237 / 8. 壓縮彈簧的扭曲 240 / 9. 螺旋彈簧的震動或顫動 240 / 10. 商用公差 241 / 11. 壓縮彈簧的尾圈效應 244 / 12. 螺旋拉伸彈簧 244 / 13. 矩形鋼絲做成的螺旋彈簧 246 / 14. 受扭轉負荷的螺旋彈簧 248 / 15. 板片彈簧 250 / 16. 彈簧貯存的能量 252 / 17. 貝氏彈簧 254 / 18. 橡皮彈簧 255

第五章 螺 旋

1. 螺紋種類 269 / 2. 標準螺紋 272 / 3. 統一螺紋 275 / 4. 美國國家螺紋 276 / 5. 識別符號 276 / 6. SI 螺紋 277 / 7. 初應力的影響 278 / 8. 其他設計考慮因素 283 / 9. 傳力螺旋 284 / 10. 產生必須的夾持力所需的扭矩 290 / 11. 螺旋的摩擦 291 / 12. 應力集中 292 / 13. 緊定螺帽 293 / 14. 材料與製造方法 295 / 15. 衝擊負荷引起的應力 296 / 16. 鬆弛 299

第六章 皮帶、離合器、剎車與鏈條

1. 三角皮帶 306 / 2. 三角皮帶驅動的中心距離 308 / 3. 三角皮帶的疲勞 311 / 4. 其他皮帶 318 / 5. 圓盤或平板離合器 320 / 6. 圓盤剎車 323 / 7. 錐形

離合器 323 / 8. 帶剎車 325 / 9. 有短塊的塊狀剎車 328 / 10. 具樞點的長塊、塊狀剎車 329 / 11. 有對稱樞塊的剎車 336 / 12. 襯料壓力 337 / 13. 剎車的發熱 338 / 14. 輥子鏈條熱 339 / 15. 輥子鏈條的馬力容量 340 / 16. 輥子鏈條的黏離 344 / 17. 輥子鏈條的潤滑 344 / 18. 多邊形作用 344 / 19. 無聲鏈條 347

第七章 熔接與鉚接

1. 熔接製作 362 / 2. 熔化熔接 362 / 3. 熔接強度 363 / 4. 偏心負荷熔接—靜負荷 365 / 5. 熔接的應力集中 370 / 6. 殘留應力—可熔接性 371 / 7. 電焊條 373 / 8. 變動負荷設計 374 / 9. 電阻熔接 376 / 10. 其他種類的熔接 377 / 11. 軟焊與硬焊 378 / 12. 爐熱硬焊 380 / 13. 受中心負荷的鉚釘接合 381 / 14. 鉚釘內的應力 382 / 15. 圓筒殼的應力 383 / 16. 受偏心負荷的鉚接 386 / 17. 轉動瞬心 390 / 18. 黏着劑 392

第八章 潤滑

1. 黏度與牛頓定律 404 / 2. 彼特洛夫軸承方程式 405 / 3. 承受負荷的頸軸承 409 / 4. 頸軸承的負荷與摩擦曲線 410 / 5. 摩擦功率損失 416 / 6. 自冷式軸承的功率損失 417 / 7. 油膜溫度和最小油膜厚度的設計 420 / 8. 黏度的測定 422 / 9. 黏度指數 426 / 10. Z_n/P 曲線 428 / 11. 軸承材料 430 / 12. 軸承負荷 433 /

13. 軸承構造 434 / 14. 餘隙與油槽 435 / 15. 彈性配合 438 / 16. 乾摩擦 439 / 17. 邊界潤滑或薄膜潤滑 441 / 18. 混合或半流體潤滑 442

第九章 滾珠軸承與滾子軸承

1. 滾珠軸承的構造與型式 449 / 2. 滾珠軸承的選擇 451 / 3. 軸向負荷的影響 455 / 4. 變動負荷設計 456 / 5. 靜容量 459 / 6. 不同可靠程度的設計 460 / 7. 滾珠軸承的摩擦與潤滑 461 / 8. 軸承材料與表面光製 462 / 9. 滾珠軸承的安裝 463 / 10. 允許的欠對準 465 / 11. 未磨光的滾珠軸承 466 / 12. 滾動元件軸承的相對優點 467 / 13. 滾子軸承 467 / 14. 圓柱間的接觸應力 469 / 15. 彈性液動潤滑 471

第十章 正齒輪

1. 序論 478 / 2. 齒輪的速度定律 479 / 3. 漸開線輪齒的運動學 481 / 4. 擺線輪齒 483 / 5. 輪齒的節距 484 / 6. SI 單位的齒輪節距 487 / 7. 標準齒輪系統 (AGMA) 488 / 8. 製造方法 490 / 9. 齒隙 494 / 10. 齒輪光製法 495 / 11. 齒輪上的力及其影響 496 / 12. 由動力傳遞所造成的齒輪上的負荷 496 / 13. 齒輪之間的動態負荷 499 / 14. 輪齒相接觸時的力之變化 504 / 15. 齒輪輪齒的彎曲容量 506 / 16. 正齒輪輪齒的外形因數或 Lewis 因數 507 / 17. 輪齒之接觸應或磨耗容量表面耐久性 510 / 18. 在最大馬力容量時齒輪組的運作 515 / 19. 軸承負荷之決定 517 / 20.

接觸的齒對數目 518 / 21. 齒輪輪齒的過切 521 / 22. 長齒冠與短齒冠齒輪傳動 523 / 23. 齒輪系的速度比 525 / 24. 內齒輪 529 / 25. 齒輪的尺寸標註 530 / 26. 齒輪材料 530 / 27. 齒輪的潤滑與安裝 531 / 28. 輪齒損壞 532 / 29. 行星齒輪系 533

第十一章 斜齒輪、蝸桿及螺旋齒輪

1. 直齒斜齒輪 548 / 2. 斜齒輪的標強度 549 / 3. 磨耗的極限負荷、動負荷 550 / 4. 斜齒輪的軸承負荷 553 / 5. 蝸線斜齒輪 555 / 6. 蝸輪 556 / 7. 蝸輪的幾何關係 558 / 8. 蝸輪的馬力容量 562 / 9. 蝸輪減速的熱容量 566 / 10. 螺旋齒輪 569 / 11. 螺旋齒輪的節圓直徑 572 / 12. 成型齒數 573 / 13. 嚙合齒輪的中心距 573 / 14. 螺旋齒輪的齒負荷 575 / 15. 軸平行的螺旋齒輪之標強度、動負荷及磨耗負荷 576 / 16. 軸交叉的螺旋齒輪負荷容量 578

第十二章 其他機械元件

1. 厚圓筒內的應力 583 / 2. 收縮配合與壓入配合的應力 586 / 3. 壓入配合引起的應力集中 589 / 4. 圓盤飛輪的應力 591 / 5. 有輪輻與輪緣的飛輪 593 / 6. 飛輪設計要件 595 / 7. 彈性體的衝擊 598 / 8. 以能量方法解衝擊應力 600 / 9. 落下重量產生的力 604 / 10. 重量在樑上的衝擊 606 / 11. 密合墊與密封 606 / 12. 受靜力負荷的密合墊設計 609 / 13. 鋼絲索 614 / 14.

曲標 619 / 15. 矩形截面的曲標 621 / 16. 圓形截面的曲標 624 / 17. 曲標的角撓度 624 / 18. 凸輪 625 / 19. 有中心輥子從動件的板形凸輪 627 / 20. 有中心輥子從動件的凸輪之製造 629 / 21. 有平面從動件的板形凸輪 631 / 22. 多項式凸輪 632 / 23. 設計凸輪的注意事項 633 / 24. 扣環 634 / 25. 平板 635

第十三章 尺寸標註與詳圖

1. 尺寸標註 649 / 2. 多餘的尺寸標註 650 / 3. 餘隙配合的尺寸標註—最大材料 650 / 4. 緊配合的尺寸標註—最小材料 652 / 5. 單向公差與雙向公差 653 / 6. 標準化圓柱配合 654 / 7. 偏心率 655 / 8. 累積與非累積尺寸標註 655 / 9. 基準 657 / 10. 以鬆螺栓組合的有孔零件 659 / 11. 真實位置尺寸標註 661 / 12. 以字母符號標註尺寸的孔 662 / 13. 以固定規檢驗孔位置 663 / 14. 限制在調整符號M之中的固定規之用法 667 / 15. 有斜度的孔之尺寸標註 668 / 16. 具穿透的孔之零件與具斜度的孔之零件的組合 671 / 17. 基準的三平面概念幾何公差法 675 / 18. 幾何尺寸註解中所用的符號 677 / 19. 第三角投影法, 第一角投影法 680 / 20. 推拔的尺寸標註 681 / 21. 裝配的尺寸標註 682 / 22. SI 單位的公差 683 / 23. 優先數字 684 / 24. 表面粗糙度 685 / 25. 詳圖的繪製 690

第十四章 工程材料

1. 拉伸試驗 701 / 2. 鋼的物理組成 704 / 3. 機械構造用鋼的種類 706 / 4. 碳鋼與合金鋼的編號系統 707 / 5. 普通碳鋼 709 / 6. 合金鋼 714 / 7. 高強度低合金鋼, HSLA 718 / 8. 鋼的費用 718 / 9. 鋼的熱處理 719 / 10. 熱處理引起的殘留應力 722 / 11. 滲碳與氮化 724 / 12. 火焰硬化 725 / 13. 應變硬化 725 / 14. 硬度 726 / 15. 切削性 728 / 16. 晶粒大小 729 / 17. 腐蝕 730 / 18. 腐蝕的防止 731 / 19. 不銹鋼 732 / 20. 磨耗 734 / 21. 高溫的短期影響 736 / 22. 高溫時鋼的潛變 737 / 23. 鑄鐵 739 / 24. 展性鑄鐵. 球狀石墨鑄鐵 742 / 25. 鑄鋼 743 / 26. 工具鋼 745 / 27. 鋁合金 746 / 28. 合金與回火的編號 747 / 29. 成分與機械性質 748 / 30. 鎂合金 748 / 31. 銅合金 750 / 32. 壓鑄件合金 756

索 引 61