

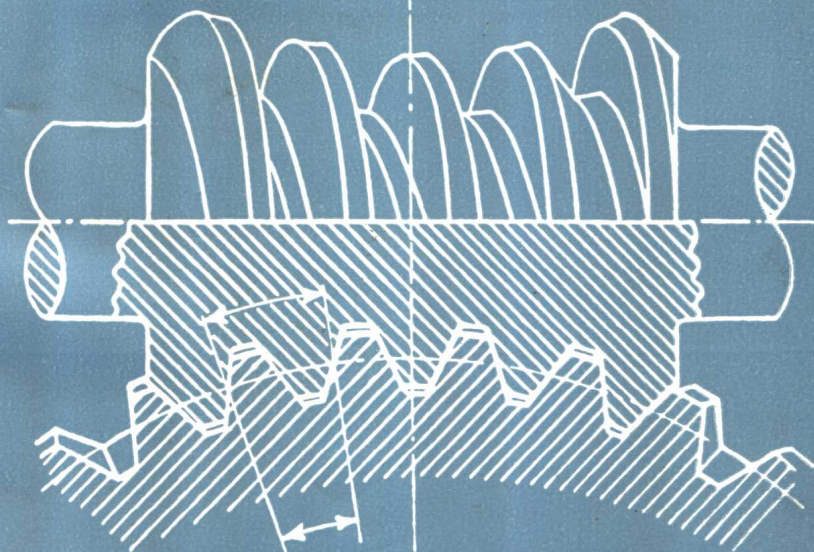
五年制工業專科學校教科書

機械設計

編著者 張厚基

著作人 國立編譯館

補助機關 國家科學委員會



正中書局印行

版權所有 翻印必究

中華民國六十年七月臺初版

當代版 五年制工業專科學校 **機械設計**
教科書

上 冊 基本定價 三 元

（外埠酌加運費滙費）

編 譯 者	張	厚	基
著 作 人	國	立	編 譯 館
補 助 機 關	國	家	科 學 委 員 會
發 行 人	李		潔
發 行 印 刷	正	中	書 局

（臺灣臺北市衡陽路二十號）

暫遷台北市南昌路一段十二號

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

（香港九龍亞皆老街一一一號）

海 風 書 店

（日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地）

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(6559)與

序 言

我國大專院校之「機械設計」多採用外國教本，其中附表線圖、公式均為英美制式，而我國工業採用公制。尺寸、重量、速度、應力等單位都是不同的。因此，使一般受「英美制」訓練之學生進入以公制為主之工業中，從事設計工作是不適宜的。本書特為解決此項困難，不但公式之誘導以公制為主，附表、線圖也都是公制的，僅少數圖表，因有需要之故，是公制和英美制兼備的。

機械設計之方法首要者為理論。先研討外力、應力、應變，簡單應力、承接應力、彎曲、扭轉、接觸應力、變動應力、應力之合成，材料破損學說等。並附有材料特性表。其次是材料之選擇。詳述材料之特性，高溫應用，低溫性質並附硬化能比較表，以利材料之選擇。再說到配合公差及表面粗度，這些都是從事設計工作者選定尺寸不可或缺之知識，最後則就各別之問題加以討論，並選用最新資料，提示可望達到安全答案的設計程序，多舉算例以助讀者之了解。所深入之問題為：軸、滑動軸承、滾動軸承、扁皮帶、三角皮帶、鏈條、繩索、正齒輪、螺旋齒輪、斜齒輪、蝸輪裝置、磨擦輪、制動器、離合器、鍵、銷、栓、聯結器、螺旋、彈簧、薄殼筒、鉚釘接合、熔接接合、凸輪、飛輪、皮帶輪、機架及附件、曲柄、偏心輪，並研討平板、厚壁圓筒、壓緊及收縮配合，及均衡諸問題。總之，對這些問題，首選理論法，次求經驗式，務使完全解決。

本書之編輯乃搜集資料於各大名教本，以長補短，力使讀者能有解決各種機械設計問題之基本知識。計採自 V.M. Fairs 著 "Design of Machine Elements" 者 81.4%；採自 D. S. Kim-

Ball, and John H. Barr 著 “Element of Machine Design” 者佔 9.92%；採自 S. J. Berard and E.O. Waters 著 “Machine Design” 者計 4.2%；採自其他者佔4.45%。但本書初次出版，錯誤難免，望讀者教之。是幸！

本書使用之符號

- a 線加速度；一尺寸。
- A 面積；裕度。
- b 寬度；一尺寸。
- B 輪齒磨損因素； B_e ，凸輪磨損因數；或然率為 p 之滾動軸承壽命。
- c 由中立軸至計算應力處之距離，通常是極外端。
- C 中心距；離心力。
- C_e 斜齒輪彈性因數； C_o ，壽命因數； C_r ，可靠因數。
- c_1c_2 常數。
- d 直徑；彈簧絲徑。
- D 直徑；彈簧中徑； D_o 外徑； D_i 內徑。
- D_p 節徑。
- e 負荷之偏心；輪齒廓有效誤差；頸軸承之偏心率。
- E 壓變或拉變彈性係數。
- E_f 效率。
- f 磨擦係數；彈性限界； f_{vp} 磨擦公制馬力。
- F 力；總負荷； F_1 起始力或在 1 處之力； F_A ，在 A 點之力； F_t 傳送負荷； F_s ，輪齒持久強度； F_d 輪齒動負荷； F_w ，輪齒磨損極限負荷。
- F_m 平均力； F_v 變動力。
- F_s 基於降伏應力之安全因數。
- F_s 基於抗拉強度之安全因數。
- g 重力加速度： $g_0 = 9.8$ 公尺/秒。
- G 剪變彈性係數。
- h 高度；一尺寸。
- h_c 對流熱傳遞係數； h_r ，輻射熱傳遞係數； h_{cr} ，對流及輻射熱傳遞係數。
- p 馬力； h_{pi} 輸入馬力； h_p' 每公分寬公制馬力。

Hp 傳送公制馬力。

i 金屬之緊度量。

I 垂直慣性矩；質量慣性矩；斜齒輪幾何因數。

J 極慣性矩；斜齒輪幾何因數。

k 迴轉半徑， $(I/A)^{1/2}$ 或 $(I/m)^{1/2}$ ；彈簧常數，單位撓度負荷。

K_a 瓦爾彈簧修正係數；K_c彈簧曲度影響係數；K_s，彈簧剪刀係數。

K_t 應力集中理論因數；K_r，持久強度減弱因數。

K_s，K_m 美國法規軸設計因數。

K_i 壽命因數；K_m，安裝因數；K_r，可靠因數；K_s，尺寸因數。

K.E. 動能。

l 長度；一尺寸。

m 以牛頓為單位之質量；以史拉格為單位之質量。

M 力之力矩；彎矩；M_v，力矩之垂直分量或變動分量；M_m，力矩之平均值。

n 角速度，分轉數；n_s，每秒轉數或週數；n_c自然週率分轉數。

N 法線向負荷；N_t齒數；N_c圈數；N_s，使用因數。

p 壓力以每方公厘公斤數為單位；英制以每方吋磅數為單位。

P 壓力負荷，彈簧之螺距，螺紋之螺距；齒輪之節距；P_d，徑節；P_c，周節。

q 流體量；凹痕敏感性指數。

Q 熱量；有時代表一力。

r 半徑，兩輪中最小者之半徑。

R 反作用力或合力；兩輪中最大者之半徑；比率：R_v，交叉螺旋齒輪速率比；粗度。R_i，點1之反作用力。

R_v R_i之垂直分量，R_{th}·R_i之水平分量。

R_c 洛氏C硬度值；R_B洛氏B硬度值。

S 物體移動距離；邵馬費數。

t 厚度；溫度數；t°C 攝氏度數 t°F 華氏度。

- T 扭矩；公差； T_m 扭矩平均值， T_v ，扭矩變動分量。
- U 功；工作； U_f 磨擦功； U_s 彈簧之工作。
- v 速度； v_s 每秒呎數之速度， v_m 每分呎數之速度。
- V 容積；樑斷面內垂直剪力； V_s ，以每秒公尺為單位之速度； V_m 每分鐘公尺數之速度。
- V_R 速率比。
- w 單位距離負荷；單位距離重量。
- W 總重量；總負荷；螺旋初拉力；力。
- Y 齒輪路易士因數；或然率為90%之滾動軸承壽命。
- Z 斷面模數I/C，以百分泊為單位之絕對黏度；曲樑斷面特性函數。
- Z' 基於極慣性矩之斷面模數。
- α 熱膨脹係數；一角度；螺旋角。
- β 磨擦限角；一角度；凸輪角。
- γ 斜齒輪之周節角；單位剪應變。
- δ 總伸長；樑之總撓度；彈簧撓度。 δ_t ，彈簧橫向撓度。
- ϵ 單位法線向應變。
- θ 一角度，完成運動凸輪角。
- λ 蝸桿或螺紋之導角。
- μ 蒲松式比；以每方吋磅秒為單位之絕對黏度。
- ρ 密度；變動半徑，凸輪壓力角。
- σ 合成應力中之法線向合成應力；斜齒輪之軸角； σ_c ，壓縮應力； σ_e ，等值應力； σ_{es} ，等值剪應力， σ_f ，彎應力； σ_m 平均應力； σ_{ms} 平均剪應力； σ_n ，持久強度； σ_n' 疲勞限界； σ_{tn0} ，抗拉（覆變應力）持久強度； σ_{sn0} ，抗剪（覆變應力）持久強度； σ_{sn}' 抗剪（逆應力）疲勞限界； σ_{tn}' 抗彎（逆應力）疲勞限界； σ_t 法線向應力； σ_{sn} ，抗剪持久強度； σ_{bn} ，抗彎持久強度。 σ_{tn} 抗拉持久強度； σ_{ty} ，降伏剪應力； σ_{tw} 許用或設計拉應力； σ_{sw} ，許用或設計剪應力； σ_{cw} ，許用或設計壓應力； σ_w ，許用或設計（單一）應力； σ_v 應力變動分量；

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, 合成主應力。

τ 合成剪應力；時間；時間單位之表示； τ_{av} , 平均合成剪應力； τ_1, τ_2, τ_3 , 合成最大剪應力。 τ_{xy} , xy 平面剪應力。

ϕ 扭轉角；齒輪或凸輪壓力角；每秒或每分週數之周率；半螺紋角。

ψ 螺旋齒輪之螺旋角；蝸旋角。

ω 以每單位時間弧度數為單位之角速度。

目 錄

第一章 緒 論	1
1—1 機械設計之定義	1
1—2 機械設計之程序	1
1—3 機件設計的方法	3
1—4 機械設計應注意之事項	4
1—5 工業特質	5
1—6 作圖	6
第二章 外力、應力、應變	7
2—1 外力特性	7
2—2 簡單應力	8
2—3 抗拉強度及降伏強度	9
2—4 彈性係數	10
2—5 材料強度	11
2—6 承接應力	12
2—7 彎曲	15
2—8 曲樑	16
2—9 扭轉	20
2—10 接觸應力之合成	35
2—11 壓縮柱	37
2—12 合成應變與應力之合成	42
2—13 彎曲與均勻應力	46
2—14 合成正交應力與剪應力	52
2—15 疲乏	55
2—16 持久強度之影響因素	57

2—17	一定壽命之持久強度	58
2—18	變動應力	60
2—19	應力集中	65
2—20	應力集中因數理論值	72
2—21	應力集中因數真實值	73
2—22	減輕應力集中之方法	81
2—23	增加持久強度之表面處理	82
2—24	變動應力之合成	84
2—25	衝擊外力	88
2—26	水平衝擊	91
2—27	被擊物體質量之影響	92
2—28	材料破損學說	94
2—29	安全因數	97
2—30	材料特性表	101
2—31	機件計算程序	102
第三章	材料及其特性	129
3—1	緒 論	129
3—2	名詞之定義	129
3—3	標準材料規號	132
3—4	熱處理名詞	133
3—5	硬度	135
3—6	硬化能	138
3—7	表面硬化	140
3—8	鍛鋼	144
3—9	合金鋼	145
3—10	不銹鋼	146

3—11 鑄鋼	147
3—12 鍛鐵	148
3—13 鑄鐵	148
3—14 展性鑄鐵	149
3—15 球狀鑄鐵	149
3—16 塑膠	149
3—17 銅合金	151
3—18 鋁合金	152
3—19 鎂合金	153
3—20 鎳合金	153
3—21 鉛錫合金	154
3—22 鋅合金	154
3—23 超合金	155
3—24 鈦	155
3—25 製造方法之選擇及其對機件尺寸之影響	155
3—26 高溫應用	159
3—27 低溫性質	161
第四章 配合公差及表面粗度	167
4—1 緒論	167
4—2 公差	167
4—3 裕度	168
4—4 配合	168
4—5 互換性	183
4—6 材料緊度生成之應力	184
4—7 製造尺寸之正常範圍	184
4—8 從統計分配觀點看配合	188

4—9 孔位置公差	190
4—10 表面粗度	192

第五章 軸之設計 196

5—1 緒論	196
5—2 材料	196
5—3 設計應力	197
5—4 振動及疲乏因數	198
5—5 僅受彎曲或扭轉軸之設計	198
5—6 合成應力設計	198
5—7 皮帶或鏈條產生之彎曲力	199
5—8 軸之設計程序	199
5—9 軸之設計舉例	200
5—10 圖解法	205
5—11 軸之商業上標準尺寸	207
5—12 空心圓軸及方形軸	208
5—13 扭轉撓度	215
5—14 橫彎撓度	215
5—15 撓度圖解法	217
5—16 撓度圖解例	218
5—17 圖解法求撓度一般注意點	220
5—18 根據撓度設計軸	221
5—19 短軸之垂直剪應力	223
5—20 振動及軸之臨界速率	223

第六章 滑動軸承設計 227

6—1 緒論	227
--------	-----

6—2 軸承材料	227
6—3 潤滑劑	229
6—4 黏度	230
6—5 頸軸承磨擦損失	234
6—6 黏度，轉速，與壓力對磨擦係數之關係	235
6—7 薄膜潤滑軸承	236
6—8 流體動力潤滑	237
6—9 間隙軸承的幾何關係	239
6—10 頸軸承之負荷容量及磨擦	240
6—11 最佳流體動力軸承	247
6—12 全軸承算例	247
6—13 最佳軸承例	250
6—14 潤滑劑經軸承之流量	251
6—15 油的能量增加	252
6—16 最小許用膜厚度	253
6—17 有溫度昇高的部份軸承例	254
6—18 間隙比	259
6—19 長度直徑比	260
6—20 從一軸承散逸之熱量	262
6—21 穩定情況溫度例	265
6—22 操作溫度	268
6—23 壓力進給之油流量	268
6—24 蓋子磨擦損失	270
6—25 薄膜潤滑頸軸承設計	272
6—26 頸軸承之構造	274
6—27 頸軸承之潤滑法	276

6—28 滑動導承設計	279
6—29 階級軸承	283
6—30 套環軸承	284
6—31 金氏軸承	284
第七章 滾動軸承設計	286
7—1 緒論	286
7—2 滾動軸承之構造及式樣	286
7—3 滾動軸承之材料及加工	290
7—4 滾動接觸應力之特性	291
7—5 滾動軸承之壽命	293
7—6 靜負荷量	294
7—7 動負荷量	294
7—8 滾動軸承尺寸	295
7—9 等值負荷及負荷因數	298
7—10 滾動軸承磨擦係數	300
7—11 從規格表選擇軸承	301
7—12 選擇殘存或然率非90%之軸承	304
7—13 軸承箱設計	307
第八章 扁皮帶與輪	313
8—1 緒論	313
8—2 扁皮帶材料	313
8—3 一般皮帶公式	314
8—4 許用應力及安全因數	318
8—5 皮帶寬度設計	319
8—6 皮帶之滑移及潛變	321

8—7 皮帶之速率·····	322
8—8 皮帶之額定容量·····	323
8—9 牛皮帶寬度計算舉例·····	325
8—10 自動拉力供給裝置·····	329
8—11 皮帶長度·····	330
8—12 皮帶使用法則及皮帶之應用·····	332
8—13 皮帶輪·····	333
第九章 三角皮帶、鏈條及繩索 ·····	339
9—1 緒言·····	339
9—2 三角皮帶·····	339
9—3 影響三角皮帶之因素·····	341
9—4 三角皮帶之額定公制馬力·····	343
9—5 選用三角皮帶之程序·····	343
9—6 求中心距離·····	348
9—7 三角皮帶傳動特性·····	348
9—8 三角平傳動·····	349
9—9 變速裝置·····	349
9—10 鏈條驅動·····	353
9—11 弦作用及最少齒數·····	353
9—12 滾子鏈條容許速率·····	354
9—13 滾子鏈條額定公制馬力·····	354
9—14 例·····	356
9—15 鏈條之長度及中心距離·····	356
9—16 鏈條及鏈輪材料·····	358
9—17 鏈輪設計·····	358
9—18 鏈輪驅動之一般注意·····	360

9—19 倒齒鏈條·····	360
9—20 舉重鏈條·····	364
9—21 繩索傳動·····	365
9—22 馬尼拉繩能傳導之功率·····	367
9—23 鋼絲索之構造·····	368
9—24 鋼絲索之材料及特性·····	370
9—25 等值彎曲負荷·····	370
9—26 加速的負荷·····	371
9—27 舉重繩索設計·····	372
9—28 舉重索設計舉例·····	373
9—29 鋼絲索傳動·····	375
9—30 鋼絲索之配件·····	376
第十章 正齒輪及螺旋齒輪 ·····	381
10—1 緒論·····	381
10—2 定義·····	381
10—3 基圓及壓力角·····	383
10—4 擺線齒廓·····	384
10—5 節·····	385
10—6 齒輪傳動定律及齒輪之作用·····	387
10—7 漸開線齒之干涉·····	388
10—8 可互換漸開線齒輪系·····	389
10—9 輪齒之強度·····	390
10—10 應力集中·····	393
10—11 輪齒之面·····	395
10—12 傳送負荷·····	397
10—13 輪齒上動負荷·····	397

10—14 巴金漢的平均動負荷·····	398
10—15 使用因數·····	401
10—16 以強度設計輪齒·····	401
10—17 許用及期望之誤差·····	403
10—18 輪齒磨損之原因·····	406
10—19 磨損極限負荷·····	407
10—20 輪齒設計程序·····	409
10—21 齒輪用料·····	413
10—22 非金屬齒輪之設計·····	414
10—23 鑄成齒之設計·····	417
10—24 追逐齒·····	418
10—25 轂·····	418
10—26 輻·····	419
10—27 輪緣與圓緣·····	421
10—28 不等齒冠與齒根之齒輪·····	421
10—29 內齒輪·····	423
10—30 齒輪系·····	424
10—31 齒輪之效率·····	427
10—32 螺旋角及面·····	429
10—33 螺旋齒輪之節·····	429
10—34 螺旋齒輪之壓力角·····	430
10—35 螺旋齒輪之動負荷·····	430
10—36 螺旋齒之強度·····	430
10—37 螺旋齒輪之磨損極限負荷·····	432
10—38 人字齒輪·····	432
10—39 例題·····	432