

科技用書

機械元件設計

DESIGN OF

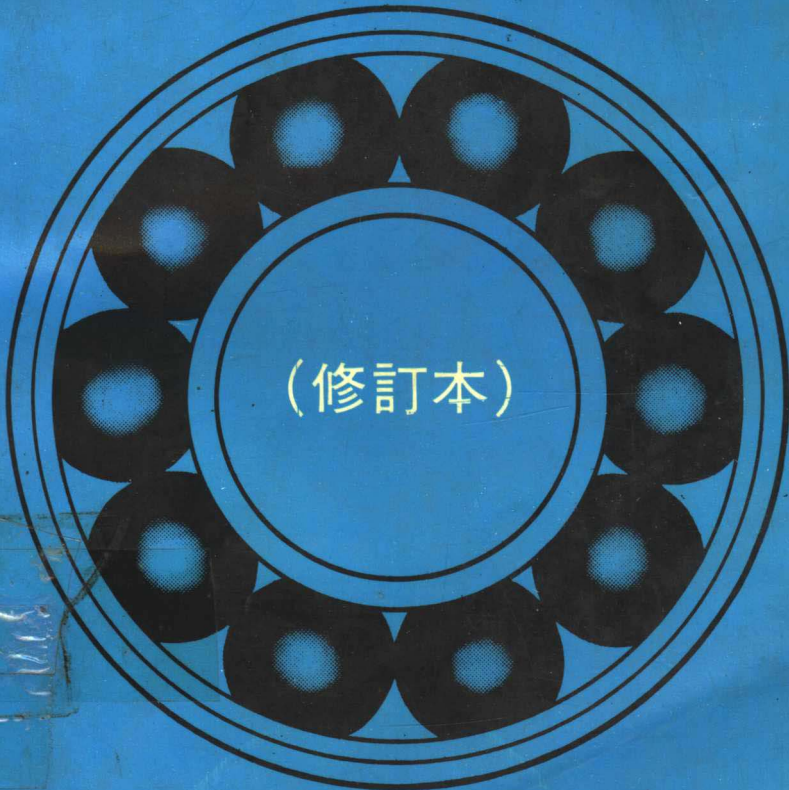
FIFTH EDITION

MACHINE ELEMENTS

賀俊譯

M.F. SPOTTS

(修訂本)



科技用書

機械元件設計

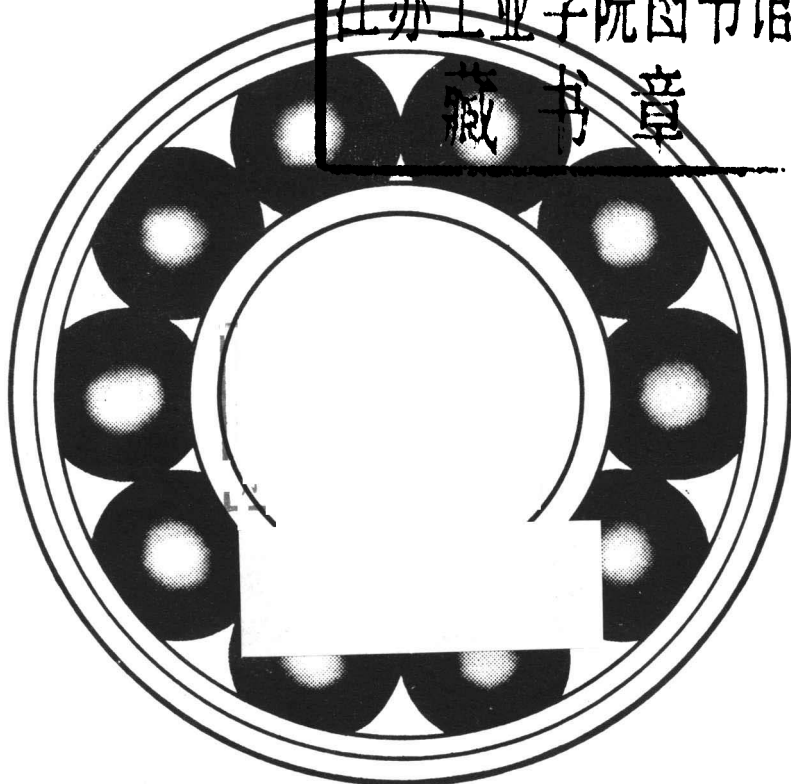
DESIGN OF

FIFTH EDITION

MACHINE ELEMENTS

賀俊譯

江苏工业学院图书馆
藏书章



大行出版社印行



中華民國七十二年九月 日二版

中華民國七十 年十月 日初版

書 名：機械元件設計（修訂本）

著作者：賀 俊 譯

發行人：裴 振 九

出版者：大 行 出 版 社

社址：台南市體育路41巷26號

電話：613685 號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字第：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：651916 號

特 價：平二六〇元精 三〇〇 元

編 號：T00039-00539

同業友好・敬請愛護

第五版 序 言

由於世界工業迅速地趨向國際化，因而需要有一共同的工程量測與計算語言。經長期的研究，已發展出一現代化的公制系統，稱為國際系統單位（International system of units），以 SI 表示。美國是最後作此轉變的工業國家。而此種改變可能是逐漸的，因為以“吋”所設計的生產品與工具，將維持到不能再為止。

新的系統為精確的十進位，同時淘汰了一些，不常用及過時的單位。長度、質量與時間之單位分別為：公尺、公斤、與秒。公分、公克、秒、以前的 c-g-s 系統，就自動地廢棄了。

在此轉換的過渡期間，工程師必需熟習美國的慣用法與 SI 單位。本版即為了幫助設計者，邁向一個有順序的公制系統，以熟悉使用新的單位，作設計計算。在此所提供的資料，係便於由一個系統轉換到另一系統。除了用美國習用的單位解例題外，也用 SI 單位解例題。各章末的習題大約有一半是用 SI 單位來表示。從這些答案中將證明新系統可根本的簡化計算。

雖然長度的規定單位為公尺，m，但在機械設計上則使用毫米或千分之一公尺，mm，較為方便。對長度的精確換算因數為：

1 吋等於 25.4 毫米。其精確的關係可寫為如下各式：

$$1 \text{ 吋} = 25.4 \text{ 毫米}$$

$$1 \text{ 呎} = 304.8 \text{ 毫米}$$

$$1 \text{ 碼} = 914.4 \text{ 毫米} = 0.9144 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 哩} = 1,609.344 \text{ 米} = 1.609334 \text{ 仟米}$$

用美國習用的單位表示米制長度之反換算，很顯然是無法得到精確的結果，而必需保留足夠的小數位數，如 1 毫米 = 0.0393701吋。

對質量、力與應力等換算因數，也是無限小數。對實際工程上的結果，只給予足夠的位數。參閱第一章第四節之例題計算，其小數位比實際應用的還多，此為了得到確實性，而必需使用的正確程序。

參考書刊

- 1 AN American National Standard ASTM/IEEE Standard Metric Practice,ANSIZ 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.

M. F. SPOTTS

於EVANSTON, ILLINOIS

緒 言

1. 機械設計 機械設計為規劃或想出新的，或改良機械以達到特定用途的藝術。通常，一部機器經過若干適當的設計，將不同的元件組合安排在一起，像一個整體一樣的工作。在一部機械的最初設計期間，對負荷、使用的動元件之型式，及工程材料性質之正確利用等，均需作根本上的決定。在作新機械之設計工作時，經濟的考量是非常重要的。一般，要求總價格低。不僅考慮設計、製造、銷售、裝置等費用，同時也要考慮售後服務費用。當然，機械要具備必要的安全設施與討好的外型。生產一部機械，不只要有強健的作用。以致有合理的壽命，同時要便宜合乎經濟。

担任設計的工程師，不僅要有適當的技術訓練，且需有正確的判斷力與豐富的經驗，這些素養通常是在從事長時間的實際專業工作後才能具備的。在學的大學生，可在好的老師教導下，開始向這方面進行。然而，一個未來的設計者，在離開學校後仍必需不斷的閱讀及研究，特別是經與卓越的工程師在一起工作，以期獲得實際的經驗與訓練。

2. 機械元件設計 此書，如書名所示，並不討論一部完整機械廣闊的設計，而是對組成機械的各元件，作正確的設計所需之基本原理加以說明。

機械設計原理是世界性的。同樣的理論與方程式，可以用在儀器內的一個極小的元件上，也可用在重設備內一個較大而類似的元件上。然而，在任何情形下，數學的計算不能視為是絕對的及最後的。而都要受到工程工作上所必需的各種假設精度的影響。有時，一部機械所有的零件中，只有一部份的設計是基於分析計算。其餘的零件之形狀與大小，是經由實際的考量而決定的。換言之，假如機械非常的昂貴，或像飛機上的機械，若是以重量為考慮因素，則可能需對所有的零件均作設計計算。

當然，設計計算的目的是在預測零件之應力或變形，使其能安全承受加於其上的負荷，並能維持到機械預期的壽命。當然，所有的計算均需根據結構材料，在實驗室實驗的物理性質來決定。一個合理的設計方法是採用如：拉伸、壓縮力、扭力與疲勞等較單純而基本的試驗所得的結果，而將其應用到現今機械所遭遇到的所有錯綜複雜的情況中。

此外，已得充分的證明，如表面狀況，內圓角、凹口、製造公差、與熱處理等細節，對機械零件的強度與使用壽命，有明顯的影響。設計與繪製部門必需對所有的特性予以完整的詳加註解，並由此對整個加工成品作必要而妥當的管制。

迅速且精確的數字計算訓練，對設計者有極大的價值。設計者應當持有一本精確的筆記本，經常將所做過的工作加以記載，作為必要的參考。依比例仔細地繪出草圖也是必要的，並於紙上預留空位，以便記載有關問題的數據。如此，將所有的數據，假設，方程式、及計算均完整的記下，以便日後參考時易於了解。學生必需開始養成這種習慣，在此並建議將本書的各章習題，予以保存當作參考材料用。

作 者 謹識

中文索引

二 劃	章 節
人字齒輪 Herringbone gears	11 - 10
力矩圖 Moment diagram	1 - 17
三 劃	
三角(V形)皮帶的離心效應 Centrifugal effect in V-belts	6 - 2
三角(V形)皮帶的疲勞 Fatigue of V-belts	6 - 2
三角皮帶的壽命 Life of V-belt	6 - 2
小齒輪 Pinion	10 - 5
三個支點上的軸 Shaft on three supports	3 - 11
大面積零件的彈簧常數 Spring constant for large-area parts	5 - 8
三角(V形)皮帶的使用因數 Service factors for V-belts	6 - 2
三角(V形)皮帶的工作循環 Work cycle for V-belt	6 - 2
工作深度圓 Working depth circle	10 - 1
四 劃	
中心部分軸承 Central partical bearing	8 - 3
尺寸標註 Dimensioning	13 - 1
孔中心的尺寸註解 Dimensioning of hole center	13 - 9
孔中心的檢查 Inspection of hole centers	13 - 9
內部摩擦或阻滯性 Internal friction or damping	14-23, 14-30
內齒輪 Internal gears	10 - 29
中性軸 Neutral axis	1 - 7
牛頓運動定律 Newton's law of motion	1 - 5
反向應力 Reversing stress	2 - 4 , 2 - 12
方栓槽 Splines	3 - 7
不銹鋼的抗拉強度 Tensile strength of stainless steel	14 - 19
公制螺紋 Metric threads	5 - 6

公差帶	Tolerance zone	5 - 2
五 劃		
石棉剎車襯料	Asbestos brake lining	6 - 13
正齒輪的樑強度	Beam strength of spur gear	10 - 11
凸緣結合的螺栓	Bolts for flange joint	12 - 12
皮帶輪的中心距離	Center distance of belt pulleys	6 - 3
史拉格	Slug	1 - 5
加工硬化	Work hardening	14 - 13
主基準	Primary datum	13 - 13
正齒輪的負荷力	Dynamic load for spur gears	10 - 14
正齒輪的效率	Efficiency of spur gears	10 - 23
凸緣結合	Flange joint	4 - 22
平彈簧	Flat spring	4 - 15
可撓曲滾子軸承	Flexible roller bearing	9 - 12
平軸承之摩擦	Friction in plain bearings	8-2, 8-4, 8-9
皮帶的初拉伸	Initial tension in belts	6 - 2
正齒輪的磨耗極限負荷	Limit load for wear of spur gears	10 - 13
正齒輪的潤滑	Lubrication of spur gears	10 - 23
加工性	Machinability	14 - 15
平行軸原理	Parallel axis theorem	1 - 10
正齒輪的節徑	Pitch diameter of spur gears	10 - 1
凸輪的壓力角	Pressure angle in cams	12 - 19
主應力	Principle stresses	1 - 20
正割方程式	Secant equation	1 - 13
半流體潤滑	Semi-fluid lubrication	8 - 18
正齒輪的磨耗負荷	Wear load of spur gears	10 - 13
皮帶的工作負荷與應力	Working load and stresses for belts	6 - 2
平軸承的工作負荷與應力	Working load and stresses for plain bearings	8 - 12 , 8 - 11
六 劃		
交變應力	Alternating stress	2 - 12
米勒方程式	Miner's equation	2-14

合應力 Combined stress	1 - 19
曲柄軸 Crankshaft	3 - 12
曲樑 Curved beam	11-3, 12-14
曲率對彈簧應力的影響 Effect of curvature on stress in spring	4 - 7
吊重繩 Hoisting cable	12 - 13
安全係數 Factor of safety	2 - 20
輻射式飛輪 Flywheel with spoks	12 - 5
全深度齒輪 Full depth gears	10 - 7
全指示器移動 FIM Full indicator movement, FIM	13 - 7
灰鑄鐵 Gray iron	14 - 23
高溫蠕變 Creep at high temperature	14 - 22
米制螺紋 Metric thread	5 - 6
行星齒輪系 Planetary gear train	10 - 31
多孔軸承 Porous bearing	8 - 11
安全係數 Safety factor	2 - 20
自動對準軸承 Self-aligning ball bearing	9 - 1
收縮配合 Shrink fit	12 - 2
扣環 Snap ring	12 - 24
七 劃	
均方根粗糙度 Root mean square roughness	13 - 19
伯屈夫方程式 Petroff equation	8 - 2
形成齒數 Formative number of teeth	11-2, 11-12
角變形 Angular deformation	3 - 1
沃斯回火 Austempering	14 - 9
沃斯田鐵 Austenite	14 - 2, 14 - 9
沃斯田鐵的不銹鋼 Austenitic stainless steel	13 - 10, 14 - 29
車床的背齒輪 Back gears of lathe	10 - 3
冷作成型彈簧 Cold-formed springs	4 - 2
冷熔接 Cold welding	7 - 10
拉伸彈簧 Extension spring	4 - 12
形狀係數 Form factor	10 - 12
刨齒輪機 Gear shaper	10 - 8
低溫對衝擊強度的影響 Effect of low temperature on impact strength	14 - 21

低溫對強度的影響	Effect of low temperature on strength	14 - 21
牛頓定律冷却	Newton's law of cooling	8 - 5
拋物線凸輪	Parabolic cam	12 - 18
位置公差	Positional tolerance	13 - 13
快速螺帽	Speed nut	5 - 12
扭力矩循環	Torque cycle	12 - 6
扭轉彈簧	Torsional spring	4 - 14
八 劃		
兩平面之彎曲	Bending in two planes	3 - 10
阻尼或內部摩擦	Damping or internal friction	14 - 24, 14 - 30
非均勻直徑軸的撓曲	Deflection of nonuniform diameter shaft	3 - 14
周轉齒輪系	Epicyclic gear train	10 - 31
油脂潤滑之軸承	Grease lubricated bearing	8 - 14
拉米方程式	Lame equation	12 - 1
刹車的襯料壓力	Lining pressure for brakes	6 - 13
長及短齒頂之啮合	Long and short addendum gearing	10 - 28
非圓軸	Noncircular shaft	3 - 16
非累積公差	Noncumulative tolerances	13 - 8
非均勻軸	Nonuniform shaft	3 - 14
油環軸承的油溫	Oil temperature of oil-ring bearing	8 - 5
油回火彈簧線	Oil tempered spring wire	4 - 2
固德曼圖	Goodman diagram	2 - 16
板凸輪	Plate cam	12 - 19
刮痕硬度	Scratch hardness	14 - 16
非圓形軸之剪應力	Shear stress in noncircular shafts	3 - 16
直齒斜齒輪	Straight tooth bevel gears	11 - 1
拉伸或壓縮的應力集中	Stress concentration in tension or compression	2 - 2
刹車襯料的工作應力	Working stresses for brake lining	6 - 13
表面粗糙度	Surface roughness	13 - 19

表面粗糙度對球軸承的影響	Effect of surface roughness on ball bearings	9 - 7
表面粗糙度對疲勞強度的影響	Effect of surface roughness on fatigue strength	2 - 6
拉伸彈簧	Tension springs	4 - 12
非圓軸的扭轉	Torsion of noncircular shaft	3 - 16
表面的波動	Waviness of surface	13 - 19
剎車襯料的磨耗	Wear of brake lining	6 - 13
金屬的磨耗	Wear of metal	14 - 20
剎車襯料的工作負荷與應力	Working loads and stresses for brake lining	6 - 13

九 劃

美國鋼鐵學會的數字系統	AI SI numbering system for steel	14 - 4
美國國家螺紋	American National Thread	5 - 1
美國機械工程學會法規的軸系	ASME code for shafting	3 - 4
美國材料試驗協會晶粒大小號數	ASTM grain size numbers	14 - 16
俾斯麥螺釘料	Bessemer screw stock	14 - 15
勃氏硬度與抗拉強度	Brinell hardness vs tensile strength	14 - 4, 14 - 14
英熱單位	British thermal unit, Btu	8 - 5
柱的挫曲	Buckling of columns	1 - 13, 1 - 18
重心	Center of gravity	1 - 7
柱臨界負荷	Critical load for column	1, 13, 1 - 18
柱彎曲	Crookedness of column	1 - 18
厚圓筒	Thick cylinder	12 - 1
指數函數	Exponential function	6 - 9
柱的安全因數	Factor of safety for columns	1 - 18
柏松比 poisson's ratio		1 - 13, 1 - 21
重力常數	gravitational constant	1 - 5, 3 - 13, 4 - 9
迴轉	Gyration	1 - 13, 1 - 18
迴轉半徑	Radius of gyration	1 - 13, 1 - 18
哈德菲鋼	Hadfield steel	14 - 20
柱的最初彎曲	Initial crookedness in column	1 - 18

音樂線	Music wire	4-2
重疊原理	Principle of superposition	1-11
迴轉半徑	Radius of gyration	1-10, 1-13
洛氏硬度	Rockwell hardness	14-14
相加公差	Additive tolerance	13-16
十 劃		
索墨菲數	Sommerfeld number	8-4
庫倫摩擦	Coulomb friction	8-16
帶頭鍵	Gibhead key	3-7
原子氫熔接	Atomic hydrogen welding	7-10
脆性材料	Brittle materials	2-7, 2-17
徑節	Diametral pitch	10-5
損壞的扭曲能量理論	Distortion energy theory of failure	3-6, 2-11
高溫對模數的影響	Effect of elevated temperature on modulus	14-21
高溫對強度的影響	Effect of elevated temperature on strength	14-21
疲勞極限	Endurance limit	2-4
破壞的亨克—米色斯理論	Hencky-Mises theory of failure	2-11, 3-6
馬力方程式	Eguations for horsepower	3-2
馬力	Horsepower	
損壞線	Line of failure	2-13
修正後的固特圖	Modified Goodman diagram	2-16
高溫對彈性係數的影響	Effect of high temperature on modulus of elasticity	14-21
脆性破壞的莫爾理論	Mohr theory for brittle failure	2-17
針軸承	Needle bearing	9-12
凹口敏感度	Notch sensitivity	2-19
粉末冶金軸承	Powered metal bearing	8-11
畢氏公差	Pythagorean tolerance	13-16
矩形軸	Rectangular shaft	3-16
矩形鋼絲	Rectangular wire	4-13
矩形鋼絲之螺旋彈簧	Helical spring of rectangular	
莫爾圓	Mohr circle	1-20

wire	4-13
疲勞的尺寸效應 Size effect in fatigue	2-19
套筒軸承 Sleeve bearing	8-13
高溫與低溫對鋼的影響 Effect of high and low temperature on steel	14-21
特弗隆軸承 Teflon bearing	8-11
真位尺寸註解 True position dimensioning	13-9
十一劃	
斜珠軸承 Angular contact ball bearing	9-1
斜齒輪的背圓錐 Back cone of bevel gear	11-1
球軸承 Ball bearings	9-1
帶狀剎車 Band brake	6-9
桿圖 Bar diagram	13-3
基節 Base pitch	10-5
基孔與軸尺寸註解 Basic hole and shaft dimensioning	13-3
基與尺寸 Basic sizes	13-6
斜齒輪的樑強度 Beam strength of bevel gear	11-2
滾子軸承 Bearings of ball	9
部分軸承 Partial bearings	8-3
斜齒輪 Bevel gears	11-1
粗晶粒鋼 Coarse grained steel	14-16
飛輪的變動係數 Coefficient of fluctuation for fly wheel	12-6
桿在衝擊下的壓縮波 Compression wave in bar under impact	12-7
康氏型式球軸承 Conrad type ball bearing	9-1
連續軸 Continuous shaft	1-13, 3-11
累積損壞 Cumulative damage	2-14
累積公差 Cumulative tolerances	13-8
基準在零件的邊界上 Datum on boundary of part	13-10
基準在孔中心 Datum on hole centers	13-11
脫碳 Decarburization	2-6, 14-9
斜度的尺寸註解 Dimensioning of tapers	13-15
乾摩擦 Dry friction	8-16
斜齒輪的動力負荷 Dynamic load for bevel gears	11-3

斜齒輪的效率	Efficiency of bevel gears	11-4
動力螺釘的效率	Efficiency of power screws	5-9
脫碳對疲勞的影響	Effect of decarburization on fatigue	2-6
滾球軸承的疲勞	Fatigue of ball bearings	9-7
斜齒輪齒的疲勞	Fatigue of bevel gear teeth	11-5
細晶粒鋼	Fine grained steel	14-16
畢希格爾效應	Bauschinger effect	14-13
球軸承之摩擦	Friction in ball bearings	9-6
密合墊	Gaskets	12-11
掛鈎	Hooks	12-14
球軸承的衝擊	Impact in ball bearings	9-4
密合墊的初拉伸	Initial tension on gaskets	12-11
接觸區間	Intervals in contact	10-20
球軸承的壽命	Life of ball bearings	9-2
斜齒輪的磨耗極限負荷	Limit load for wear of bevel gears	10-13
球軸承之潤滑	Lubrication of ball bearings	9-6
球軸承的材料	Materials for ball bearings	9-1
麥克奎德-恩試驗	McQuid-Ehn test	14-16
混合潤滑	Mixed lubrication	8-18
剪的彈性係數	Modulus of elasticity in shear	1-15
飛輪的慣性力矩	Moment of inertia of flywheel	12-7
動量與衝力方程式	Momentum and impulse equation	12-7
球軸承的安裝	Mounting of ball bearings	9-8
接觸的齒數	Number of teeth in contact	10-20
部分軸承	Partial bearing	8-2
酚軸承	Phenolic bearing	8-11
斜齒輪的節圓錐	Pitch cone of bevel gear	11-1
動力螺旋	Power screw	5-9
球軸承的額定壽命	Rating life of ball bearing	9-2
旋轉梁疲勞試驗	Rotating beam fatigue test	2-4
粗糙度	Roughness	13-19
偏心指示器	Runout indicator	12-11

密封	Seals	12-11
球軸承的選擇	Selection of ball bearings	9 -2
剪力變形	Shear deformation	1 -15
剪力圖	Shear diagram	1 -17
剪力能量理論	Shear energy theory	2 -11
剪力係數	Shear modulus	1 -15
剪力彈簧	Shear spring	4 -18
剪應力	Shear stress	1 -15, 3 -1
剪應力對撓曲之影響	Effect of shear stress on deflection	1 -22
軟焊料	Soft solder	1 -11
球形滾子軸承	Spherical roller bearing	9 -12
球軸承的靜容量	Static capacity of ball bearing	9 -5
斜度(推拔)	Taper	13-15
斜度滾子軸承	Tapered roller bearing	9 -12
基準的之三面觀念	Three plane concept for datums	3 -13
推力軸承	Thrust bearing	9 -1 9-12
國際(SI)尺寸的公差	Tolerances in SI dimensions	13-17
虛齒數	Virtual number of teeth	11-2
斜齒輪的磨耗負荷	Wear load of bevel gears	11-2
球軸承的工作循環	Work cycle for ball bearings	9 -4
飛輪的工作循環	Work cycle for flywheel	12-6
球軸承的工作負荷與應力	Working load and stresses for ball bearings	9 -2
剪力降伏點	Yield point in shear	2 -9
十二劃		
裕度	Allowance	13-3
軸承餘隙	Bearing clearance	8 -14
軸承金屬	Bearing metals	8 -11
黃銅的軸承	Bearings of brass	8 -11
硬焊	Brazing	7 -11
無聲鏈條	Silent chains	6 -20
軸承的餘隙	Clearance in bearing	8 -14
軸承的餘隙比	Clearance ratio of bearing	8 -2
軸承的冷卻速率	Cooling rate of bearings	8 -5

軸的臨界速度	Critical speed of shaft	3 -13
晶粒大小	Crystal size	14-16
晶粒大小對應力集中的影響	Effect of crystal size on stress concentration	2 -19
氰化	Cyaniding	14-11
軸的角變形	Angular deformation in shaft	3 -1
費羅斯刨齒機	Fellows gear shaper	10-8
軸承的薄膜厚度	Film thickness of bearing	8 -6
量規	Gage	13-10, 13-11
幾何公差	Geometric tolerance	13-13
軸承內之槽	Grooves in bearings	14-14
硬化能	Hardenability	14-9
硬度	Hardness	7 -10
軸承之熱平衡	Heat balance of bearing	8 -5
軸承的發熱	Heating of bearings	8 -5
蝸齒輪	Hypoid gears	11-5
等向性	Isotropy	1 -2
軸承的長度直徑比	Length diameter ratio of bearing	8 -2
軸承上之負荷	Loads on bearing	8 -12
普通軸承的材料	Materials for plain bearings	8 -11
軸的材料	Materials for shafting	3 -21
最大材料尺寸註解	Maximum material demensioning	13-3, 13-10
最大剪應力	Maximum shearing stress	1 -20
最小材料尺寸註解	Minimum material demensioning	13-4
極慣性力矩	Polar moment of inertia	1 -9
無因次座標	Nondimensional coordinates	8 -10
軸承的油槽	Oil groove in bearing	8 -14
殘留應力	Residual stress	2 -6
軸的共振速度	Resonance speed of shaft	3 -13
軸的應力集中	Stress concentration in shafts	3 -8
軸系的應力	Stresses for shafting	3 -21
短齒	Stub teeth	10-7
溫度對應力的影響	Effect of temperature on stress	1 -6