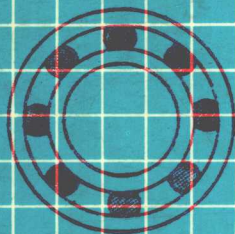
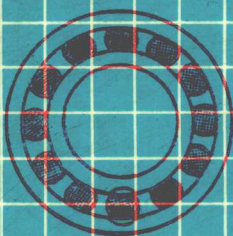
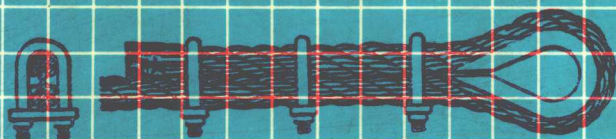
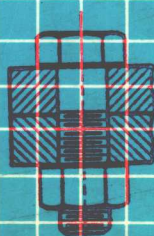
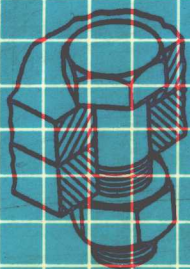


機 械 設 計

上 冊

吳 思 明 編 著



大中國圖書公司印行

版權所有
翻印必究

機 械 設 計 (上)

編著者：吳 思 明

發行人：薛 永 成

出版者：大 中 國 圖 書 公 司
印刷者：

台北市重慶南路一段66號

電 話：3 3 1 1 4 3 3

郵政劃撥：0002619-7號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十五年七月初版

基本定價：六元五角

編號：978

編輯大意

- 一、本書係依據七二年一月部頒之最新五年制及二年制工業專科學校課程標準編輯而成，全書共分上下二部分，計十五章；足供每學期四學分，每週授課四小時，一學年之用。
- 二、本書之教學目標，誠如部頒課程標準所揭示：
 - (一)使工專機械工程科學生對機械設計之基本原理、機械原件之種類、工業規格、標準數公差與配合等知識有所了解。
 - (二)綜合各種力學、機動學、機械工作法、熱工學、工程材料等基本學問使學生了解「機械設計」步驟及運用有關計算公式、查表格、設計手冊等方法。
 - (三)介紹機械設計上所需相關技術知識，如潤滑、摩擦等問題之連帶關係，使學生在機械設計製圖方面，有所注意發揮其才能。
- 三、本書各章皆附有習題，供學生練習及複習之用，俾能融會貫通舉一反三
- 四、本書下冊增列第九章齒輪、第十章彎樑等之設計均為重要之課題以備教學補充之用。
- 五、本書之編寫、校對均在公餘課畢之暇，雖盡全力於整個編輯、校對過程，疏漏之處仍所難免，尚祈學者專家惠予指正，俾再版時得以訂正。

、吳 思 明 謹識

中華民國七十五年五月 於高雄

機 械 設 計

上册目錄

第一章 機械設計之基礎	1
1-1 機械元件種類	1
1-2 機械工業標準規格：各國工業規格之介紹	3
1-3 公差與配合	3
1-3-1 尺寸公差：容許界限	9
1-3-2 配合：各級配合	24
1-3-3 標準數 (Preferred Number) 公比與增加率	35
1-4 應力集中與材料耐勞限度	49
1-4-1 應力集中	49
1-4-2 材料耐勞限度	64
習 題	84
第二章 螺 旋	89
2-1 螺紋種類及符號	91
2-1-1 螺紋種類	91
2-1-2 螺紋符號	110
2-2 螺紋之摩擦及效率計算	115
2-3 螺釘及螺帽之種類及用途	124
2-3-1 螺釘種類及用途	124
2-3-2 螺帽種類及其用途	131

2 機械設計 (上冊)

2-4 螺釘及螺帽強度計算法及實例	134
2-4-1 軸向負荷	134
2-4-2 軸向負荷與力矩負荷之合成	151
2-4-3 剪力負荷暨偏心負荷時螺栓之剪應力	155
習題	163

第三章 軸 169

3-1 軸及其種類	169
3-2 軸設計上注意之要點	172
3-2-1 強度與剛性 (Strength & rigidity)	172
3-2-2 振動 (vibration)	174
3-3 受彎曲力之軸徑大小	174
3-4 受扭轉力之軸徑大小	178
3-4-1 圓形軸之扭轉 (torsion of circular shaft)	178
3-4-2 非圓形軸之扭轉 (torsion of noncircular shaft)	181
3-5 受彎曲及扭轉複合力之軸徑大小	189
3-5-1 最大靜剪應力之軸徑	189
3-5-2 負荷變動時最大剪應力理論之軸徑	190
3-5-3 畸變能破壞理論之軸徑 (the distortion-energy theory)	192
3-6 傳動軸	194
3-6-1 功 率	194
3-6-2 傳動軸設計之美國機械工程師學會法規 (ASME CODE)	196
3-7 軸的危險轉速	202

習 題	212
第四章 軸 承	219
4-1 滑動軸承	219
4-2 滾球軸承與滾筒軸承	241
習 題	299
第五章 帶鏈傳動裝置	305
5-1 各種帶型式概說	305
5-2 平帶傳動裝置	305
5-3 平帶張力與傳遞動力之計算	311
5-3-1 平帶張力	311
5-3-2 皮帶傳遞動力之計算	316
5-4 帶輪之設計	320
5-4-1 平帶輪	320
5-4-2 V形帶輪	324
5-5 平帶傳動之速度、變換方法	325
5-5-1 塔 輪 (stepped pulley)	325
5-5-2 圓錐皮帶輪 (cone pulley)	328
5-6 V形帶傳動裝置之設計	329
5-6-1 V形帶之特性、尺寸、掛法	329
5-6-2 V形帶摩擦係數	332
5-6-3 V形帶之張力與傳遞動力	334
5-6-4 V形帶之選擇與馬力之關係	337
5-7 鏈傳動裝置	341
5-8 繩索及其用途	374

4 機械設計 (上冊)

5-9 鋼絲索之規格及破壞強度	375
5-10 槽輪、鼓輪及變位角之計算	385
習題	387

第六章 栓、扣件、扣環、鍵

6-1 栓、扣件、扣環	391
6-1-1 栓 (Cotter)	391
6-1-2 扣件 (Fastener)	397
6-1-3 扣環 (Retaining ring)	407
6-2 鍵之種類與表格	407
6-2-1 鍵之種類與表格	407
6-2-2 鍵之強度分析	421
習題	427

第七章 機械設計規格資料手冊應用實務介紹

7-1 千斤頂設計實例	431
7-2 齒輪減速機設計實例	473
7-3 簡單流體機械設計實例	485
7-4 簡易工具機設計實例	494
習題	495

附 錄

中英對照表	567
-------	-----

機 械 設 計

上 冊

第一章 機械設計之基礎

設計是一種籌劃、安排或依據一定的計畫，以完成預期目標之工作。機械設計 (machine design) 則是按照計畫，運用力學、機構學等學科之知識，以決定機械內部各原件的形狀、大小及其相互關係，俾組成一種能夠完成預期效果之機械；通常亦將改進或重組機械，以增進其性能之作業列屬機械設計之範圍。

一個設計人員在將其設計之機械構想付諸實施之際，本身應具備下列基礎：

1. 技術的基礎
2. 經驗的基礎

一種機械之設計，端視機械種類及其使用場所而異，因而設計過程所須要之各種技術資料甚為廣泛，是以設計人員對於基本學科，例如機構學、力學、材料學、機械製造、流體力學、熱力學、電工學等，以及其它技術上的知識均須有相當之基礎，方可勝任其工作；又由於設計過程中，若干機械原件之應力或變形，無法直接由理論公式加以計算，故須要藉重往日經驗的累積或實際試驗結果推算之，是以設計人員亦須能夠安排試驗及分析、推算乃至致於探討其結論之能力。

1-1 機械元件種類

2 機械設計（上冊）

機械原件 (machine elements) 是組成機械之基本原件，不論何種機械，經過仔細觀察將發現，所有組成機械之基本元件均有一定之形態及功能，不同者僅是其外形、大小與材質有所變化，就使用目的而言，機械原件大致可作如下之分類：

(一) 鎖緊、連結用機械原件

此類原件的主要用途在於將其它的原件鎖緊或連結之，常見者如螺栓 (bolt)、螺釘 (screw)、鉚釘 (rivet)、銷 (pin)、鍵 (key)、扣件 (fastener)，乃至於各種夾頭 (chuck) 等。

(二) 傳動用機械原件

此類原件之作用在傳遞運動、動力或用以改變運動之方向。屬於此類原件者計有：齒輪 (gear)、摩擦輪 (friction wheel)、皮帶輪 (belt pulley)、繩輪 (rope pulley)、鏈輪 (chain wheel)、凸輪 (cam)、軸 (shaft)、離合器 (clutch)、連結器 (coupling)、飛輪 (fly wheel)、手柄 (handle)、手輪 (hand wheel)、皮帶 (belt)、鏈 (chain)、連桿 (link) 等。

(三) 固定、引導用機械原件

此類機械原件除了軸承 (bearing)、襯套 (bushing)、導路 (guide) 等付與名稱之外，對於支持其它原件之運動或限制其運動範圍的機械原件通稱為機架 (frame)。機架不論外形、大小諸多變化。

(四) 管路用機械原件

管路用機械原件包括各種管件 (piping)、管件接頭 (pipe joint)、閥 (valve)，乃至於油、氣壓使用之油壓缸 (oil hydraulic cylinder)、濾油器 (oil filter) 等亦可包括之。

(五) 雜項原件

除上述四項範圍之外，另有常見者如彈簧 (spring)、板 (plate)、桿 (rod)、滾珠 (ball)、滾柱 (roller)、制動器 (brake) 等。

1-2 機械工業標準規格：各國工業規格之介紹

大量生產之觀念始於兵器製造，然而截至目前，無論任何行業均全賴以降低生產成本，機械工業自亦不例外。大量生產的先決條件在於產品原件的可互換性（Interchangeability），此有賴於原件的標準化、規格化，因而各國均訂定有自己的國家標準，如此則無論品質管制、成品檢驗及生產作業等均方便異常。我國國家標準CNS（Chinese National Standards, TAIWAN R.O.C）規格係由中央標準局訂定，採用公制單位，且定期發行標準月刊，公佈最新資料及修訂事項，俾業者可資遵循，凡製品經檢驗合乎CNS標準者給予正字標記。常見的各國國家標準有ASA（美國）、DIN（德國）、BS（英國）、NF（法國）、VSM（瑞士）、JIS（日本）等，表1-1列出各國工業規格可作為參考。

基於各國國家標準亦多差異，倘使各國依據自訂標準進行生產、製造仍將造成諸多不便。因此遂於1928年在瑞士設立國際標準化組織ISO（International Organization for Standardization），由各工業先進國家參予協商及修訂各國際標準化規格。

1-3 公差與配合

機械原件於製造過程中，由於加工機械本身的精度、振動及切削工具、量具的磨損，材質的差異，乃至於人為因素等種種原因，使得欲製造出一尺寸絕對精確之原件，為不可能而實際上亦無此必要，因而實際尺寸之間常存在偏差；然而，為了確保品質及滿足原件互換性之要求，吾人允許實際尺寸相對標準尺寸有某種程度的變化量。所謂公差（tolerance）即是對於尺寸變化量界限之指標，小公差雖可製造

表 1-1 各國工業標準規格總覽

AA	Aluminum Association, U. S. A.
AAR	Association of American Railroads, U. S. A.
AASHO	American Association of State Highway Officials, U. S. A.
AATCC	American Association of Textile Chemists and Colorists, U. S. A.
ABS	American Bureau of Shipping, U. S. A.
ACI	American Concrete Institute, U. S. A.
AIC	Alloy Casting Institute, U. S. A.
ACS	American Chemical Society, U. S. A.
AD	Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter, GERMANY
ADA	American Dental Association, U. S. A.
AEIC	Association of Edison Illuminating Co., U. S. A.
AFBMA	Anti-Friction Bearing Manufacturers Association, U. S. A.
AGA	American Gas Association, U. S. A.
AGMA	American Gear Manufacturers Association, U. S. A.
AIEE	American Institute of Electrical Engineers, U. S. A. (IEEE)
AISC	American Institute of Steel Construction, U. S. A.
AISI	American Iron and Steel Institute, U. S. A.
ALCOA	Aluminum Company of America, U. S. A.
AMCA	Air Moving and Conditioning Association, U. S. A.
AMS	Aerospace Material Specifications-SAE, U. S. A.
AN	Air Force-Navy Aeronautical Standards, U. S. A.
AN	Air Force-Navy Aeronautical Specifications, U. S. A.
ANA	Air Force-Navy Aeronautical Bulletin, U. S. A.
AND	Air Force-Navy Aeronautical Design Standards, U. S. A.
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists, U. S. A.
AOCS	American Oil Chemists' Society, U. S. A.
APHA	American Public Health Association, U. S. A.
API	American Petroleum Institute, U. S. A.
ARB	Air Registration Board, U. K.
ARP	Aerospace Recommended Practice-SAE, U. S. A.
AREA	American Railway Engineering Association, U. S. A.
ARI	Air-Conditioning and Refrigeration Institute, U. S. A.
AS	Aerospace Standards-SAE, U. S. A.
ASA	American Standards Association, U. S. A. (USASI)
ASAE	American Society of Agricultural Engineers, U. S. A.

表 1-1 (續 1)

ASCE	American Society of Civil Engineers, U. S. A.
ASE	Association Suisse des Electriciens-SEV SWITZERLAND
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, U. S. A.
ASM	American Society for Metals, U. S. A.
ASME	American Society of Mechanical Engineers, U. S. A.
ASRE	American Society of Refrigerating Engineers, U. S. A.
ASTM	American Society for Testing and Materials, U. S. A.
ASTME	American Society of Tool Manufacturing Engineers, U. S. A.
AWPA	American Wood Preservers' Associating, U. S. A.
AWS	American Welding Society, U. S. A.
AWWA	American Water Works Association, U. S. A.
BDS	Comité Suprême de l'Automobile, FRANCE
BS	British Standards, U. K.
BV	Bureau Veritas, FRANCE
CEE	International Commission on Rules for the Approval of Electric Equipment
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano. ITALY
CEMA	Canadian Electrical Manufacturers Association, CANADA
CGA	Compressed Gas Association, U. S. A.
CISPR	International Special Committee on Radio Interference
CNS	Chinese National Standards, TAIWAN. R. O. C
CR	China Corporation Register of Shipping. TAIWAN, R. O. C
CS	Commercial Standards, U. S. A.
CSA	Canadian Standards Association, CANADA
CSB	Centrals Sjukvardsberedningen-SIS, SWEDEN
CSN	Ceskoslovenskych Norem, CZEKOSLOVAKIA
CGSB	Canadian Government Specification Board. CANADA
DCDMA	Diamond Core Drill Manufacturers Association, U. S. A.
DGN	Direccion General de Normas, MEXICO
DIN	Deutsche Normen, GERMANY
DS	Dansk Standard. DENMARK
DTD	Directorate of Technical Development, U. K.
EEl	Edison Electric Institute, U. S. A.
EIA	Electronic Industries Association, U. S. A.

表 1-1 (續 2)

ENO	Greek Standards Committee, Technical Chamber of Greece, GREECE
EOCI	Electric Overhead Crane Institute, U. S. A.
EOS	Egyptian Organization for Standardization, U. A. R.
EURONORM	Normen der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl
FDA	Foods and Drugs Administration, U. S. A.
FHMA	Feedwater Heater Manufacturers Association, U. S. A.
FS	Federal Specifications and Standards, U. S. A.
GL	Germanischer Lloyd, GERMANY
HEI	Heat Exchange Institute, U. S. A.
HMA	Hoist Manufacturers Association, U. S. A.
HI	Hydraulic Institute, U. S. A.
IBR	Indian Boiler Regulation. INDIA
IBR	Institute of Boiler and Radiator Manufacturers, U. S. A.
ICC	Interstate Commerce Commission, U. S. A.
IEE	Institute of Electrical Engineers, U. K.
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers, U. S. A. (舊 AIEE, IRE)
IES	Illuminating Engineering Society, U. S. A.
IFI	Industrial Fasteners Institute, U. S. A.
INDITECNDR	Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas Normalización. CHILE
IP	Institute of Petroleum, U. K.
IPCEA	Insulated Power Cable Engineers Association, U. S. A.
IRAM	Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, ARGENTINE
IRE	Institute of Radio Engineers, U. S. A. (IEEE)
IRSS	Indian Railway Standard Specification INDIA
IS	Indian Standards, INDIA
ISD	Indian Stores Department INDIA
I. S.	Irish Standards, IRELAND
ISA	International Federation of the National Standardizing Association (ISO)
ISA	Instrument Society of America, U. S. A.
ISO	International Organization for Standardization
ICBO	International Conference of Building Officials

表 1-1 (續 3)

JAN	Joint Army-Navy Specifications, U. S. A. (MIL)
JIC	Joint Industry Conference, U. S. A.
JEDEC	Joint Electronic Device Engineering Council-EIA, U. S. A.
KS	Korean Standards, Rep. of KOREA.
MIL	Military Specifications and Standards, U. S. A.
MNC	Metallnormcentralen-SIS, SWEDEN
MPIF	Metal Powder Industries Federation, U. S. A.
MSS	Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry, U. S. A.
MSZ	Magyar Szabványügyi Hivatal, HUNGARY
MS	Military Standards, U. S. A.
NAB	National Association of Broadcasters, U. S. A.
NARTB	National Association of Radio and Television Broadcasters, U. S. A. (NAB)
NECC	National Building Code of Canada CANADA
NB	Normas Brasileiras. BRAZIL
NEN	Normes Belges, BELGIUM
NBS	National Bureau of Standards, U. S. A.
NEC	National Electrical Code-USASI CI. U. S. A.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association, U. S. A.
NEMCO	Norges Elektriske Materiekkontroll, NORWAY
NEN	Nederlandse Norm, NETHERLANDS
NF	Norme Francaise, FRANCE
NFPA	National Fire Protection Association, U. S. A.
NFPA	National Fluid Power Association, U. S. A.
NMTBA	National Machine Tool Builders' Association, U. S. A.
NORVEN	Venezuelische Norm, VENEZUELA
NP	Norma Portuguesa. PORTUGAL
NS	Norsk Standard, NORWAY
NZSS	New Zealand Standard Specifications, NEWZEALAND
NV	Norske Veritas, NORWAY.
ONORM	Osterreichische Norm, AUSTRIA.
OVE	Osterreichischer Elektrotechnischer Verein, AUSTRIA
PEI	Porcelain Enamel Institute, U. S. A.
PRSS	Pakistan Railway Standard Specification, PAKISTAN

表 1-1 (續 4)

PS	Pakistan Standards, PAKISTAN
RETMA	Radio Electronic Television Manufacturers Association, U. S. A. (EIA)
RI	Registro Italiano Navale, ITALY
RMA	Rubber Manufacturers Association, U. S. A.
SABS	South African Bureau of Standards, REP. of SOUTH AFRICA
SAE	Society of Automotive Engineers, U. S. A.
SEMKO	Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten, SWEDEN
SEN	Svenska Elektrotekniska Normer-SIS, SWEDEN
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein=SAE, SWITZERLAND
SFS	Finlands Standardiserings Kommission, FINLAND
SI	Israel Standards, ISPAEL
SIS	Svenska Standard, SWEDEN
SMS	Sveriges Mekanförbunds Standardcentral-SIS, SWEDEN
SNV	Schweizerische Normenvereinigung, SWITZERLAND
SPR	Simplified Practice Recommendation, U. S. A.
TAPPI	Technical Association of the Pulp and Paper Industry, U. S. A.
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association, U. S. A.
TRA	Tire and Rim Association, U. S. A.
TS	Türk Standardlari, TURKEY
UIC	International Union of Railways
UL	Underwriters' Laboratories, U. S. A.
UNCO	Una Norma Colombiana, COLOMBIA
UNE	Una Norma Espanola, SPAIN
UNI	Unificazione, ITALY
USASI	United States of America Standards Institute, U. S. A. (ASA)
USCG	U. S. Coast Guards, U. S. A.
VSM	Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller, SWITZERLAND
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker, GERMANY
VDEh	Verein Deutscher Eisenhüttenleute, GERMANY
VDI	Verein Deutscher Ingenieure, GERMANY
JIS	Japanese Industrial Standard., Japan

出高品質的機械原件，但是製造費用將隨公差的減小而迅速增加。圖 1-1 為公差大小與製造費用之關係，圖中顯示，若嚴定公差則製造成本指數上升。惟公差鬆弛時，製品機能、互換性隨之降低；因此，公差的訂定務必確保製品機能及製造成本之經濟性。

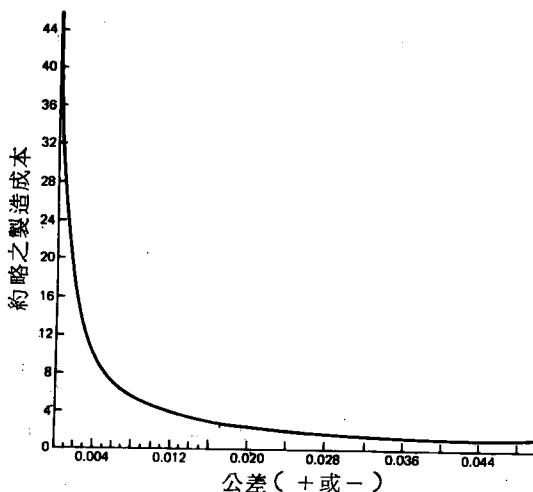


圖 1-1 公差大小和製造費用之關係

1-3-1 尺寸公差：容許界限

(一) 尺寸公差

有關公差的基本定義，參考圖 1-2 說明如下：

1. 公稱尺寸 (nominal size)

公稱尺寸係指一般為了提示機械原件大小，直接標示於規範、圖面之尺寸，亦即是習謂之稱呼尺寸。

2. 基本尺寸 (base size)

基本尺寸係應用於公差、配合，以導出公差數值、極限尺寸的基準尺寸，如圖 1-2 所示。亦有將基本尺寸、公稱尺寸兩名稱交換使用

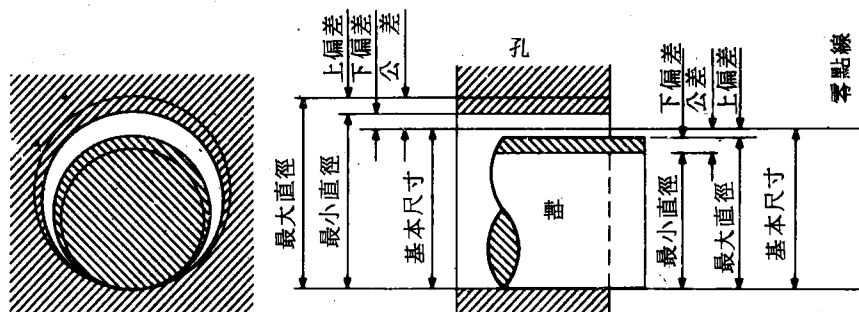


圖 1-2 尺寸公差

者。

3. 零點線 (zero line)

零點線係為表示尺寸之極限與配合，作為尺寸偏差的基準直線。零點線處之偏差為零。

4. 實際尺寸 (actual size)

指於加工完成的製品上，經過量測實際得到的尺寸。實際尺寸包含了量具的誤差。

5. 容許界限尺寸 (limit size)

亦簡稱為界限尺寸，指預定之最大、最小容許尺寸，實際尺寸必落於其間。容許之最大尺寸稱為最大容許尺寸，容許之最小尺寸則稱最小容許尺寸。

6. 尺寸偏差 (deviation)

容許界限尺寸與基本尺寸之差距稱為尺寸偏差。最大容許尺寸與基本尺寸之差距稱為上尺寸偏差或上偏差，最小容許尺寸與基本尺寸之差距則稱為下尺寸偏差或下偏差。

7. 基本偏差 (fundamental deviation)

最接近零點線的極限尺寸與基本尺寸之差距。基本偏差的決定有