



機械設計

Machine Design

◎蔣君宏 著 ◎林靖國 蔡錫錚 傅增棣 編



高立圖書有限公司

港台書

機械設計

Machine Design

◎蔣君宏 著 ◎林靖國 蔡錫錚 傅增棣 編



高立圖書有限公司

國家圖書館出版品預行編目資料

機械設計 = Machine design / 蔣君宏著, -- 初
版, -- 新北市五股工業區: 高立, 民 97.12
面: 公分

ISBN : 978-986-412-647-7 (平裝)



1. 機械設計

446.19

SAMPLE

97023117

機械設計 (書號: 104932)

中華民國 100 年 1 月二刷發行

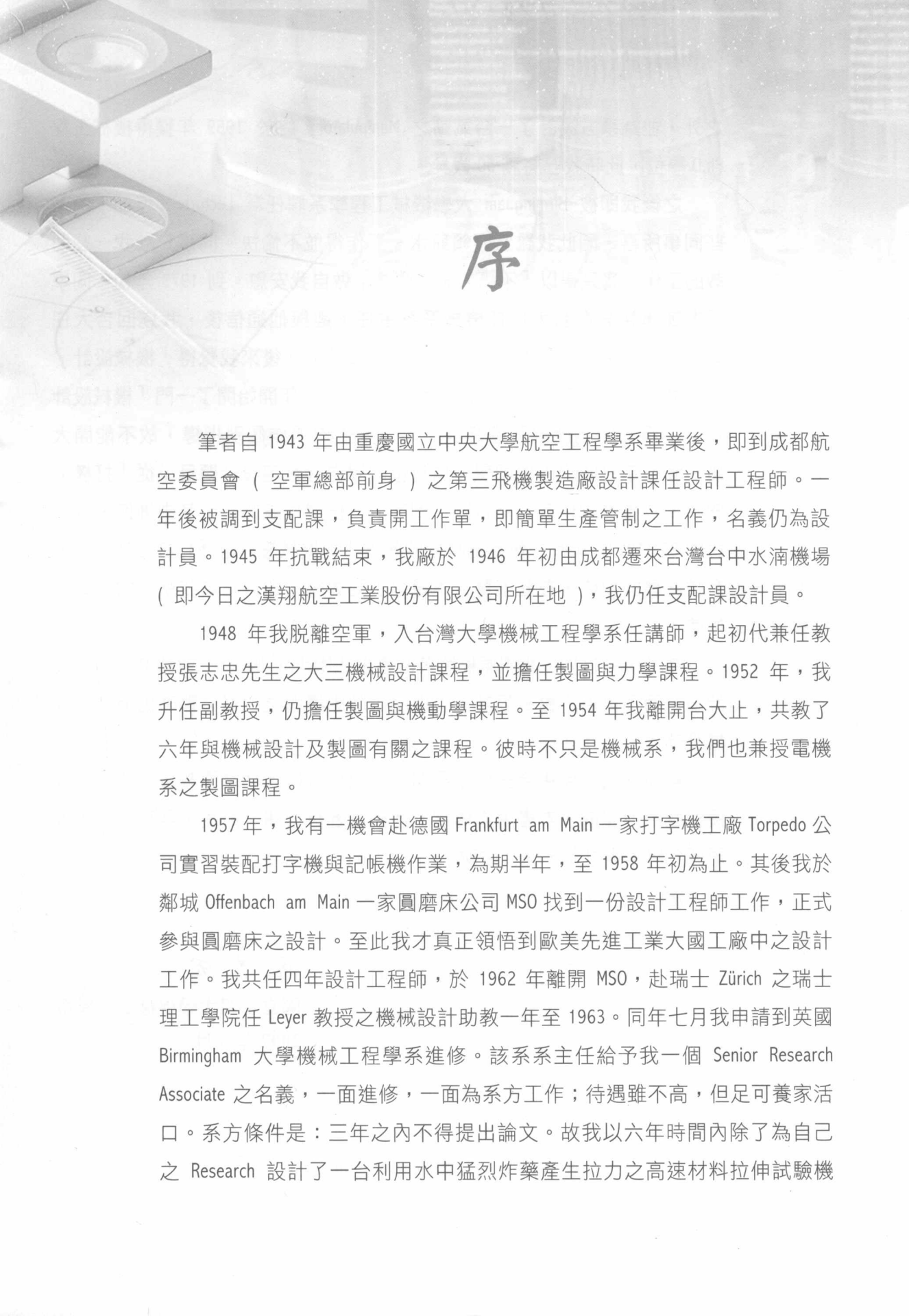
著者: 蔣君宏
編者: 林靖國 蔡錫錚 傅增棣
出版者: 高立圖書有限公司
電話: (02)22900318 郵撥: 01056147
網址: www.gau-lih.com.tw
住址: 新北市五股工業區五工三路116巷3號
登記證: 行政院新聞局局版臺業字第1423號

有著作權・翻印必究

定價: 420 元整

ISBN : 978-986-412-647-7

¥ 141.75



序

筆者自 1943 年由重慶國立中央大學航空工程學系畢業後，即到成都航空委員會（空軍總部前身）之第三飛機製造廠設計課任設計工程師。一年後被調到支配課，負責開工作單，即簡單生產管制之工作，名義仍為設計員。1945 年抗戰結束，我廠於 1946 年初由成都遷來台灣台中水湳機場（即今日之漢翔航空工業股份有限公司所在地），我仍任支配課設計員。

1948 年我脫離空軍，入台灣大學機械工程學系任講師，起初代兼任教授張志忠先生之大三機械設計課程，並擔任製圖與力學課程。1952 年，我升任副教授，仍擔任製圖與機動學課程。至 1954 年我離開台大止，共教了六年與機械設計及製圖有關之課程。彼時不只是機械系，我們也兼授電機系之製圖課程。

1957 年，我有一機會赴德國 Frankfurt am Main 一家打字機工廠 Torpedo 公司實習裝配打字機與記帳機作業，為期半年，至 1958 年初為止。其後我於鄰城 Offenbach am Main 一家圓磨床公司 MSO 找到一份設計工程師工作，正式參與圓磨床之設計。至此我才真正領悟到歐美先進工業大國工廠中之設計工作。我共任四年設計工程師，於 1962 年離開 MSO，赴瑞士 Zürich 之瑞士理工學院任 Leyer 教授之機械設計助教一年至 1963。同年七月我申請到英國 Birmingham 大學機械工程學系進修。該系系主任給予我一個 Senior Research Associate 之名義，一面進修，一面為系方工作；待遇雖不高，但足可養家活口。系方條件是：三年之內不得提出論文。故我以六年時間內除了為自己之 Research 設計了一台利用水中猛烈炸藥產生拉力之高速材料拉伸試驗機

之外，並為系方設計了一台氣動之 Manipulator，終於 1969 年獲得機械工程 Ph.D 學位，此時我已將滿 50 歲矣。

之後我即被 Birmingham 大學機械工程學系聘任為 Lecturer。但卻不為某些同事所喜。因此我雖然照領薪水，工作得並不愉快。同事只給我一些助教的工作。我只得以「不遭人忌是庸才」做自我安慰。到 1973 年初，同學好友謝承裕兄在台大擔任機械系系主任。經與他通信後，我遂回台大任教。初時謝主任要我開一門「高等機械設計」。後來我覺得「機械設計」似乎並無初等、高等之分，遂於民國 64 (1975) 年開始開了一門「機械設計實習」課。因為此課乃選修課，每位學生均須作個別指導，故不能開大班。我每年只收約十位同學，由每位同學自行選定設計題目，從「打樣」開始，然後畫零件圖、組合圖，到完成一份零件表為止。其中細節，我在民國 83 (1994) 年有一份給國科會的報告「從機械設計之『打樣』談起」中有較詳盡的說明，在此不贅。本書之主要內容，即以當時我所編的講義為依據。

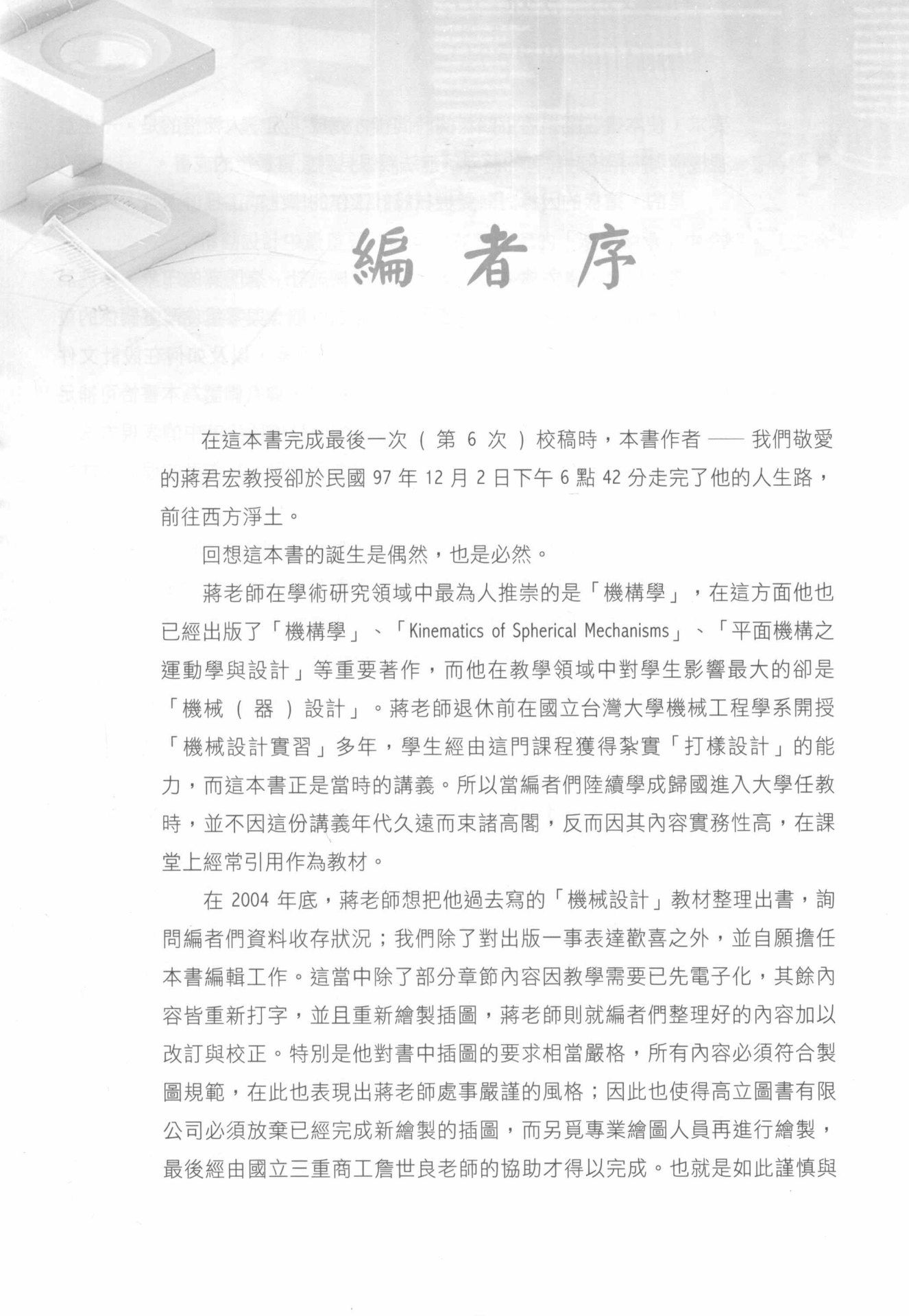
為了正名起見，我們原擬將英文書名「Machine Design」改稱為「機器設計」，而不再用「機械設計」；但為了順應讀者之習慣，暫時仍稱為「機械設計」。

本書之成，係集合三位年輕朋友蔡錫錚教授、林靖國教授、傅增棟教授與我合力完成。本書中之內容，他們亦各有增補。最後，承高立圖書公司慨允將本書付印，謹此致謝。

蔣君宏

國立台灣大學機械工程學系

2007 年 5 月



編 者 序

在這本書完成最後一次（第 6 次）校稿時，本書作者——我們敬愛的蔣君宏教授卻於民國 97 年 12 月 2 日下午 6 點 42 分走完了他的人生路，前往西方淨土。

回想這本書的誕生是偶然，也是必然。

蔣老師在學術研究領域中最為人推崇的是「機構學」，在這方面他也已經出版了「機構學」、「Kinematics of Spherical Mechanisms」、「平面機構之運動學與設計」等重要著作，而他在教學領域中對學生影響最大的卻是「機械（器）設計」。蔣老師退休前在國立台灣大學機械工程學系開授「機械設計實習」多年，學生經由這門課程獲得紮實「打樣設計」的能力，而這本書正是當時的講義。所以當編者們陸續學成歸國進入大學任教時，並不因這份講義年代久遠而束諸高閣，反而因其內容實務性高，在課堂上經常引用作為教材。

在 2004 年底，蔣老師想把他過去寫的「機械設計」教材整理出書，詢問編者們資料收存狀況；我們除了對出版一事表達歡喜之外，並自願擔任本書編輯工作。這當中除了部分章節內容因教學需要已先電子化，其餘內容皆重新打字，並且重新繪製插圖，蔣老師則就編者們整理好的內容加以改訂與校正。特別是他對書中插圖的要求相當嚴格，所有內容必須符合製圖規範，在此也表現出蔣老師處事嚴謹的風格；因此也使得高立圖書有限公司必須放棄已經完成新繪製的插圖，而另覓專業繪圖人員再進行繪製，最後經由國立三重商工詹世良老師的協助才得以完成。也就是如此謹慎與

要求，使本書在經過將近四年的時間後才完成，但令人惋惜的是，一生重視機構與機器設計教育的蔣老師無法親眼見到此書最後的成書。

是的，這樣的因緣對熱愛機械設計工作的學生或工程師而言，確屬殊勝。

長久以來，國內機械系的學生對「機械設計」這門課的印象，多流於材料力學的延伸與應用，而忽略了零組件強度觀念與零組件配置關係的重要性。尤其在外形設計時也未考慮到加工的因素，以及如何在設計文件（特別是設計草圖）中，呈現這些思考的結果，編者們認為本書恰可補足這個缺口。因此，在書中前三章所討論到的便是機器設計中的表現方法，就像好的小說創作，必須有正確與精準的文字來呈現創作者的理念，才能描繪出所有的意境。

所以在第一章「尺寸之標註」中，我們見到不同於一般教科書「中規中矩」的標準化內容陳述，反而可以從本書文字中瞭解到在國家標準或國際標準中，許多大家所熟知的尺寸標註為什麼會有如此的規定，以及這些規定與零件加工刀具、加工方法、設計功能的關連性。

在第二章「標準機械元件之製圖表示法與尺寸標註」中，則不只可以見到各個主要標準機械元件，如齒輪、軸承、螺釘、扣環、彈簧、鍵槽等表示方式，更有許多有關這些元件在設計製圖時所必須留意的細節。

第三章的「公差、配合、加工符號」中，更以系統化方式來介紹零件精度規範與標註方式，以及這些規定在機械設計上所表示的意義。

元件強度設計則在第四章「容許應力與安全因數」加以說明。先由拉伸試驗來解釋材料應力與應變，以及安全係數的概念。同時更透過表示應力關係的 Mohr 氏圓，可以充分瞭解元件破壞理論；進一步則可以學到設計時必須考慮到應力集中所產生的影響，及元件受到反覆作用力時需注意疲勞強度等重要觀念。

在元件選用設計方面，本書則集中在機械設計中常用到的幾個重要元件：

在第五章的「螺旋與螺釘結合」則先介紹各種螺紋種類與特性，再針

對設計中最重要的螺釘接合，提供詳細的設計觀念。

第六章的「彈簧設計」則分別介紹不同種類的彈簧，包括彈簧特性、選用所需的計算方法以及設計注意事項。

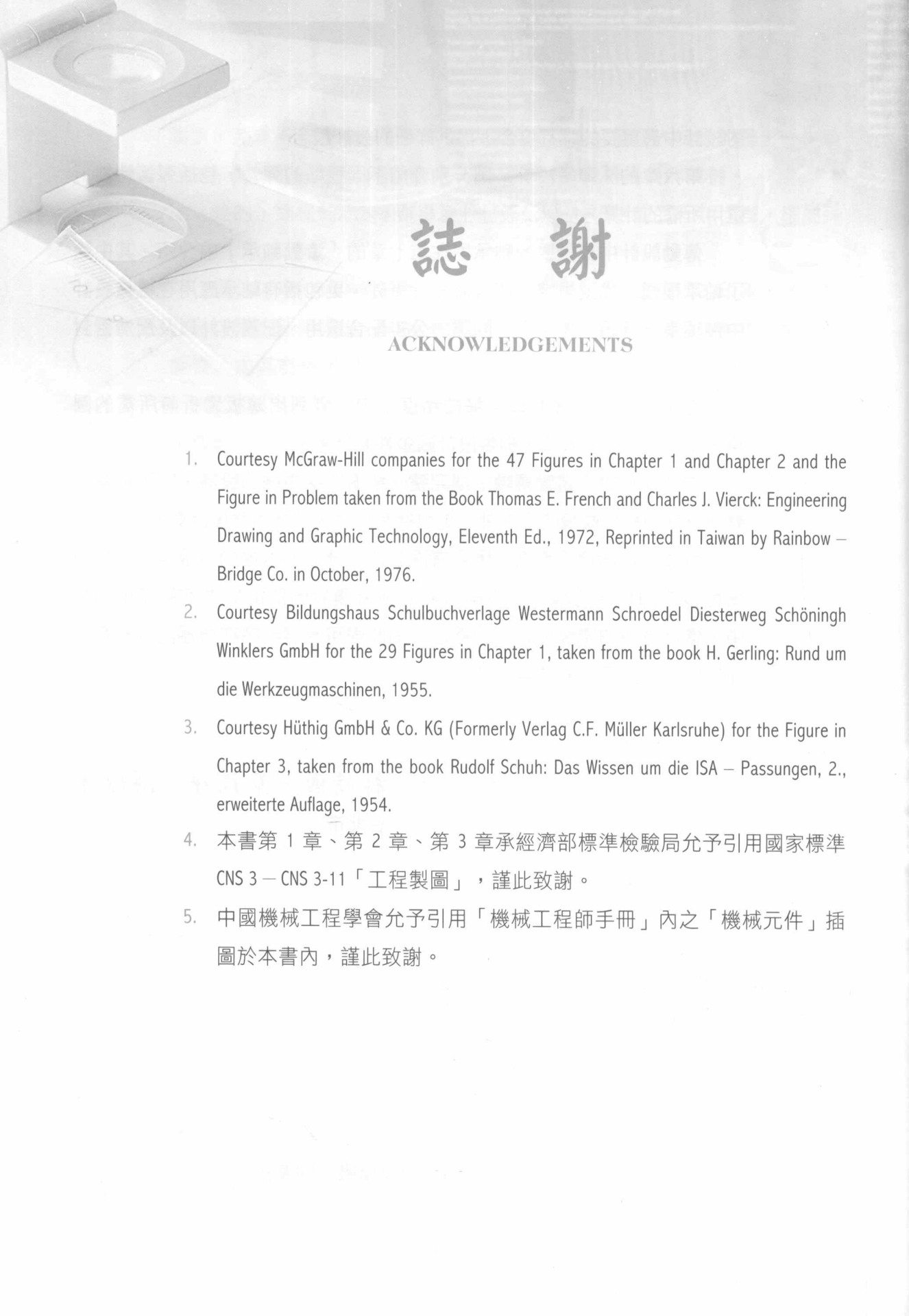
傳動設計中最重要的軸承則在第七章的「滾動軸承」中介紹。其中除了軸承種類、代號規定、疲勞壽命計算外，更包括有軸承應用在機械設計中幾項重要課題，如預力、間隙、公差配合選用、配置設計以及潤滑密封等。

在第八章「金屬薄板之彎曲裕度」中，則列出薄板彎折時所需的圓角、預留量等經驗公式，提供設計鈹金件時參考。

在第九章的「齒輪傳動」則完整介紹漸開線齒輪的設計，除了從基本幾何設計到移位齒輪的設計外，更包括有精度、製造與強度計算方法等。

最後，我們除感謝高立圖書有限公司充分協助本書的出版作業，以及詹世良老師精準的繪圖，也同時衷心期待讀者們能從這本不算厚重的書中，獲得更多的體會與正確的觀念，如此則可為蔣老師在機器設計教育方面的努力，留下一個完美的印記。

林靖國・蔡錫錚・傅增棟
台北市



誌 謝

ACKNOWLEDGEMENTS

1. Courtesy McGraw-Hill companies for the 47 Figures in Chapter 1 and Chapter 2 and the Figure in Problem taken from the Book Thomas E. French and Charles J. Vierck: Engineering Drawing and Graphic Technology, Eleventh Ed., 1972, Reprinted in Taiwan by Rainbow – Bridge Co. in October, 1976.
2. Courtesy Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH for the 29 Figures in Chapter 1, taken from the book H. Gerling: Rund um die Werkzeugmaschinen, 1955.
3. Courtesy Hüthig GmbH & Co. KG (Formerly Verlag C.F. Müller Karlsruhe) for the Figure in Chapter 3, taken from the book Rudolf Schuh: Das Wissen um die ISA – Passungen, 2., erweiterte Auflage, 1954.
4. 本書第 1 章、第 2 章、第 3 章承經濟部標準檢驗局允予引用國家標準 CNS 3 – CNS 3-11 「工程製圖」，謹此致謝。
5. 中國機械工程學會允予引用「機械工程師手冊」內之「機械元件」插圖於本書內，謹此致謝。



目 錄



第一章 尺寸之標註

1.1 製圖與工廠	1
1.2 常用工具機及加工種類	5
1.3 標註尺寸之原則	13
1.4 標註尺寸與書寫註解之要點	20
1.5 比 例	30
1.6 標準形態之標註	31
1.7 尺寸之標註與加工順序及機件功能之關係	36
本章習題	42



第二章 標準機械元件之製圖表示法與尺寸標註

2.1 螺 紋	45
<u>2.1.1</u> 螺旋線	45
<u>2.1.2</u> 螺紋術語	53
<u>2.1.3</u> 方螺紋及 Acme 螺紋畫法	54
<u>2.1.4</u> 螺紋孔與螺釘孔	57
<u>2.1.5</u> 螺紋隙槽	59
2.2 螺旋彈簧	59
2.3 鍵 槽	62

2.4 扣環	62
本章習題	64



第三章 公差、配合、加工符號

3.1 公差	65
3.2 公差之標示法	66
3.3 配合	68
3.4 幾何公差	71
3.4.1 定義	71
3.4.2 符號	72
3.4.3 幾何公差之標註法	73
3.5 幾何公差之範例及說明	80
3.6 表面符號	94
本章習題	102



第四章 容許應力與安全因數

4.1 單軸向拉伸試驗	105
4.2 受靜力負荷之安全因數與容許應力	111
4.3 延性材料之破壞理論	112
4.4 應力集中因數	115
4.5 疲勞	119
4.6 凹槽敏感度	124
4.7 Soderberg 圖	125
4.8 脆性材料	127
4.9 容許應力值	128
本章習題	130



第五章 螺旋與螺釘接合

5.1 螺紋	133
5.1.1 螺旋線	133
5.1.2 標準螺紋	134
5.2 螺釘接合	149
5.2.1 螺釘種類	149
5.2.2 螺栓螺釘所受之力與材料性質	155
5.2.3 拉力螺帽	158
5.2.4 固定螺釘	159
5.2.5 受預拉力與外加拉力	161
本章習題	163



第六章 彈簧設計

6.1 一般概念	165
6.2 板狀彈簧	166
6.3 螺旋彈簧	167
6.4 盤狀彈簧	177
6.5 圓狀彈簧	185
本章習題	187



第七章 滾動軸承

7.1 滾動軸承之性質	191
7.2 滾動軸承之代號	192
7.3 各型軸承之用途	201
7.4 軸承之彈性	203
7.5 軸承之預力	207

7.6	軸承的疲勞壽命與基本動額定負荷	208
7.7	基本靜額定負荷 C_0	214
7.8	確定軸承位置之裝置	214
7.9	軸承的公差與間隙	216
7.10	軸承之配合	218
7.11	軸承之潤滑與封閉	219
	本章習題	221



第八章 金屬薄板之彎曲裕度

8.1	金屬薄板之彎曲半徑	227
8.2	彎曲裕度	227
8.3	彎曲角度不為 90° 時之彎曲裕度	232
	本章習題	234



第九章 齒輪傳動

9.1	齒輪分類	237
9.2	基本概念	238
9.3	漸開線齒輪傳動	241
9.4	標準齒制	244
9.5	漸開線齒輪之製造	247
9.6	過切與齒數之最少限度	250
9.7	齒廓移位	251
9.8	正齒輪工作圖上之尺度資料	255
9.9	齒之強度設計	263
9.10	螺旋齒輪傳動	272
	本章習題	278

附錄 從機械設計中之「打樣」談起 / 279

英中文索引 / 287

Chapter 1

尺寸之標註

本章所述，主要係根據中國國家標準 CNS 3-1 及國際標準組織 (International Organization for Standardization，簡稱 ISO) 薦用案 R128、R129、R406、R1302 為準。惟此處所用插圖甚多採自美國教科書，而此類插圖（多係英吋尺寸）原係依照美國標準協會 (American National Standards Association，簡稱 ASA，現已改稱 ANSI，American National Standards Institute，惟其製圖標準仍稱 ASA 標準) 之標準製圖。本課程自應以 CNS 3-1 為依據，故將此等圖依照 CNS 3-1 更改其尺寸標註方法，但不一定註明尺寸。所有練習題亦應依照 CNS 3-1 之規定。



1.1 製圖與工廠

機械圖可分為零件圖與組合圖兩類。零件圖係供製造機件的工廠使用。組合圖係為組合工廠使用。故所有機械圖之繪製皆應以讀圖人之方便與實用為主，而非以製圖人的方便為主。製圖人應該先對基本工廠操作有所認識，方能正確的標註尺寸。

一般機件，大體可以分為五類：即 (1) 鑄件 (圖 1.1)；(2) 鍛件 (圖 1.2)；(3) 機械加工件 (圖 1.3)；(4) 板金件 (圖 1.4)；(5) 熔接件 (圖 1.5)。

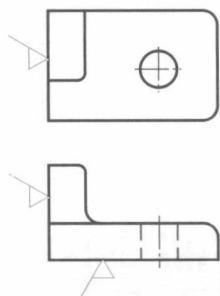


圖 1.1

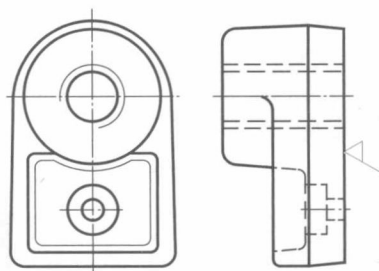


圖 1.2

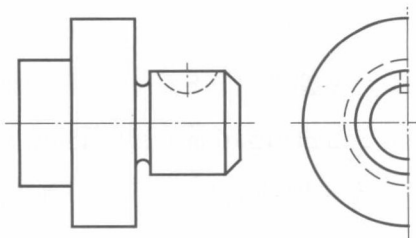


圖 1.3

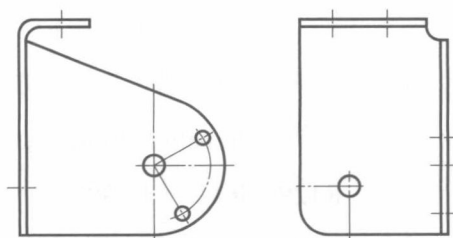


圖 1.4

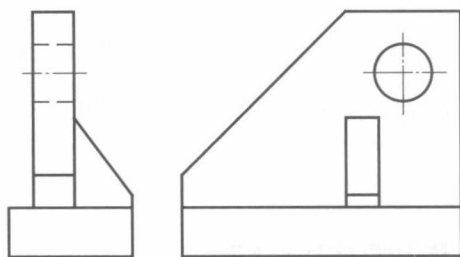


圖 1.5

所謂機械加工即指使用工具機的加工。第 (1)、(2) 兩類常須施以機械加工。第 (3) 類為自現成的材料（例如鋼條、黃銅條等）施以機械加工後製成的機件。

1. 砂模鑄件：圖 1.6 示一個砂模鑄件。圖中數字代表加工順序與加工方法。圖 1.7 則為此鑄件的工作圖。注意圖中不加工表面。在小型工廠，此一張工作圖供兩用，即同時供木模工製造模型之用又供機器工場加工之用。在大型工廠則常另製一個模型圖，與一個砂心圖。

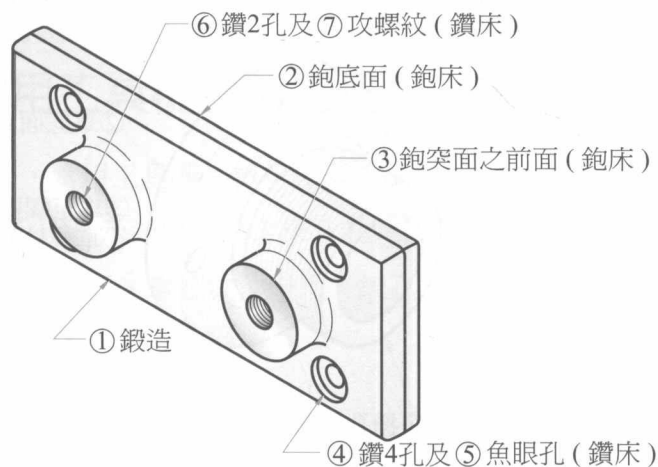
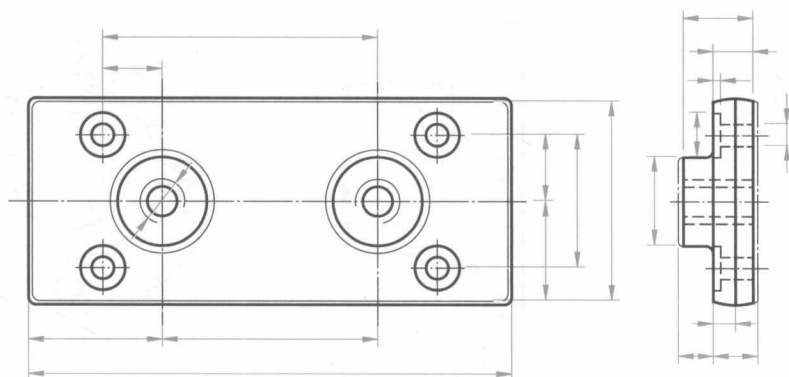


圖 1.6



斜角 7°
未註明半徑 $R\frac{1}{16}$

LIMITS, UNLESS OTHERWISE NOTED: FRACTIONAL $\pm$ IN. DECIMAL $\pm$ 0.01 ANGULAR $\pm$ IN.				REVISION	DATE	CHANGE OR ADDITION		
DWN	H. Robins	1-17-46		104		FORGING	NO. 78	FINISH
TCD	Roberts	1-15-46						
CKD	C. K. S.	1-16-46	63	1				
APPD	R. M. S.	1-16-46						
PART NO. 63				NAME				
				MOTOR BRACKET				
				UNIT OR ASSEMBLY				
				MODEL 3 DRILL PRESS				
				SCALE				
				Full				
				COMPANY NAME				
				CITY				
				DRAWING NO.				
				NO. 63 OF 74				
				N/11063				

圖 1.7

2. 鍛件：圖 1.8 示一個用鋼模鍛壓而成的鍛件。圖中數字代表加工順序與加工方法。圖 1.9 為此鍛件的工作圖。在小型工廠，此一工作圖亦供兩用，即同時供製造鋼壓模之用又供機器工場加工之用。圖中鏈線表加工裕度。在大型工廠則須另製一個工作圖以供製造壓模之用。

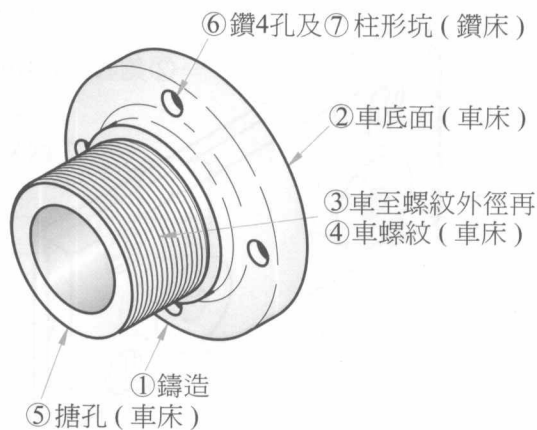
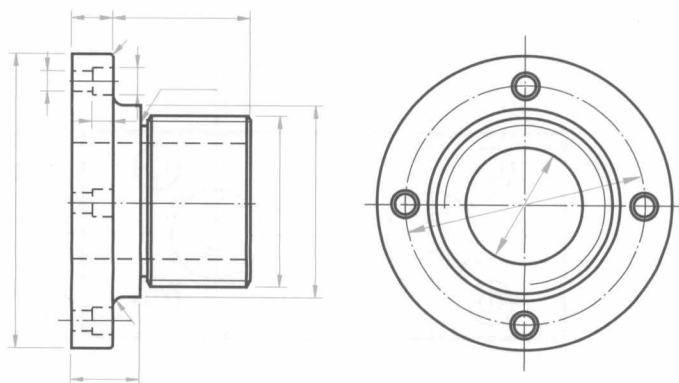


圖 1.8



OWN	C.H.L.	7-9-46	LIMITS UNLESS OTHERWISE NOTED:			REVISION	DATE	CHANGE OR ADDITION		
TCD	JONES	7-15-46	FRACTIONAL $\pm \frac{1}{16}$	DECIMAL ± 0.010	ANGULAR $\pm \frac{1}{4}^\circ$	MATERIAL		STOCK SPEC	HEAT TR	FINISH
CKD	H.J.J.	7-21-46	PART NO.	REQD	NAME	C.I.				As Shown
APPD	J.S. Smith	7-29-46	107	2	HOUSING SUPPORT	SCALE				DRAWING NO.
			UNIT OR ASSEMBLY		No. 7 SCREENER	ASST. OR NO.				NO. OF
			NAME	DATE		74200				74238

圖 1.9

3. 板金件：係用金屬板彎曲成形之件。除鑽孔外多不需其他加工。如需較高精度及防止浪費材料，須附展開面圖。如製件數量少且不需高精度則展開面圖可免。
4. 熔接件：多為一圖兩用或多用。即同一個工作圖同時供下料之用又供熔接（組合）之用，又供加工之用。