

科學圖書大庫

精密機械之零件

譯者 黃友訓

徐氏基金會出版

TH13
119

科學圖書大庫

精密機械之零件

譯者 黃友訓

江苏工业学院图书馆
藏书章

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 曾迺碩 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有
不許翻印

中華民國五十九年七月十一日初版

精密機械之零件

定價 新台幣六十元 港幣十元

改訂為基價3.10元

譯者 黃友訓 逢甲工商學院教授

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱第3261號 電話519784號
發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號
印刷者 合興彩色印刷有限公司 台北市梧州街68巷11號 電話368195號

我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。掬誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

譯 者 序

譯者自信這本書又是繼“鐘錶之製造與修理”之後一次成功之作品，因為鐘錶是集齒輪之大成，而齒輪又屬精密機械之零件；這兩部書可以說承上啓下，相輔相承。事先並未想到，事後認為確屬巧合。

本(59)年四月廿一日聯合報第二版，以“擴大中美科學技術合作，蔣副院長訪美將有決定”為標題，透露美國協助我國興建高級技術光學工廠；此乃美國駐華科學技術顧問畢林士博士由來已久的構想，華府方面已表示同意。此一計劃付諸實施後，對我國有關的精密機械工業，必將大有幫助。由此消息令我聯想到：徐銘信先生好幾年以前由譯者介紹認識宋彬先生（他是竹東鎮中國玻璃工業研究所負責人），而且曾親自到過竹東鎮，有意購地建廠，以便製造光學儀器與X光軟片等。譯者亦曾利用昔日在德國蔡司工廠及瑞士威特儀器製造廠實習時之關係，函請該兩廠選派技術人員來台灣協助完成徐銘信先生的計劃。該兩廠雖以業務太忙未能促其實現，但由此可見徐氏基金會的創辦人對於我國的科學發展，是如何的有其偉大眼光！

其次我要談一談翻譯的工作：翻譯是一種藝術，它的妙處在於能夠以另一種文字重現原來的作品，把握住其形式上的特點，及精神之所在。這整個的過程宛如創作，所以有人稱翻譯為創作。有時候，它比創作更難；因為創作要表現的是自己的心聲，而翻譯則需攝取人家的靈魂。

一個翻譯家不僅要知彼，並且還要知己。知彼，指的是瞭解原作，以及與之有關的傳統、時代、思想、氛圍、作者的想像、聯想……等等。知己，指的是對本國的文學也有淵博的知識；不然，往往會陷於可怕的錯誤，雖名家亦所不免。

好翻譯是原作在另語系中之再生。兩兩對照，恰如其分；情緒之強弱，用字之輕重；風習、文物、典章、制度之對等；均應勞心苦思，藉求信達。好翻譯的譯手至少要熟練兩國語言，通達兩國間之文化背景與生活習慣。如其不然，一個字一個字直譯出來的譯文，讀來如讀天書，讀者拼命猜讀亦無法猜透其中奧義。更糟的是譯手望文生義，以意為之，省掉翻檢字典類書之勞；而讀者讀到的，却是如假包換的怪創作。無駕馭兩國文字之能耐，其病在乎詞不達意，或公然纂作，徒增迷惘與紊亂而已。

本書譯者經過一年多的時間，對中德文之推敲，真可以說煞費苦心；尤其對機械零件方面之名詞，查過多少參考書籍及字典。惟恐對不住徐氏基金會的付託，以及對廣大讀者有所交代。

最後，譯者還要加幾句話：“譯事艱難，必須具備戒慎恐懼之心，臨淵履薄之念。譯述崇尚精緻，故慢工出紉貨，似為一般譯者應共同遵守的規則。”

黃友訓 謹誌

中華民國五十九年四月廿日
於台中逢甲學院

原 序

任何著作之序言必須出諸他人之手。本書作者寫至最後一篇，不幸未竟全功而逝，扼腕良深。凡與彼相識者，必知本書著作人是一個工程專家兼教師，他在精密機械工業的廣大領域內，對於明確而基本知識之傳授，是如何的十分關切。如果他先前出版的書是以描述精密機械所用工具為主題時，則就本書而言，讀者對於此種工具之零件自有詳盡說明與精細描繪的感覺。本書出版之另一目的，在使勤勉奮發的藝徒與助手，以及工業職業學校與大專工科的學生鑽研精密機械的基本原理時，有所助益。

希望這本書能獲得多數讀者的喜愛，同時希望對斯人能保持永恒的懷念，此人乃以無上之熱情對於精密機械學下了一番苦功，而在此領域內大有貢獻於後起之秀在其本職方面之促進者。本人在此敬謹代表死者Georg Schlee氏對一切有助於本書校訂與出版之廠商深致感謝之忱。

A. Ernst

1949年暑期在 Neckar 河旁之 Schweningen 城

編輯小引

凡用以製造精密機械工業產品之構造零件（簡稱零件），一部分是與機械工程中流行的機器原件，如螺釘、螺母、鉚釘、彈簧等，有其類似之處；只是零件較小，而且往往亦由其他不同材料製成而已。但就一般情形而言，精密機械零件並不能如此予以造形，即將機器原件之尺寸隨便令其縮小。

大多數的這些構造零件具有完全不同之特性，主要是多方面的要配合極為差異之用途，而此等用途乃由無數種類精密機械製成品所助成的。在此只列出重要製成品如下，以作比較；由此比較便可令人看出這種情形：

1. 物理學之用具（即適用於實驗與應用物理全部領域之靈巧裝置與儀器）。
2. 測量儀器；天文、氣象、及其他科學儀器。
3. 弱電與強電電工學所用之器具（測度與電報或電話機通報器，轉速變換器）。
4. 攝影機，活動電影之攝影及放映機，及其他光學儀器等。
5. 固定設備與交通制度中所用之機械測量用具及監視儀器（例如速度計與數量控制器）。
6. 轉動機構與鐘錶。
7. 打字機，計算機，記賬機，及其他辦公廳所用之機器等。

上述各種完全不同之製成品不但要有五花八門之構造零件，而且這些零件一部分大量而便宜的製造，亦以各單獨零件間要有特殊的固定與結合方法為條件；由此在精密製造技術方向便產生特別的製造方法，這在機械工程中是無法達成的。在機械工程方面，由於接受外力作用，不能採用如同工具或儀器上之固定與結合方法，因為在器具方面所發生之強度應力遠比機械工程為微弱；因此，儀器上各零件亦可利用擠壓、摺疊、捲邊、及以灰泥膠合，作相當可靠之互相聯結。此種聯結方法主要見用於大量製造方面；嚴格言之，並不適用於此處所討論的構造零件。但為亦能迎合這些製造方法起見，本書最後一章乃對如此聯結方法作一約略之介紹。

上面已經提及，因為使用精密機械之工具時大多只發生微弱之外力作用，故對機器零件極為重要之強度計算，並不適用於精密機械之構造零件；最

多對於轉軸與軸頸，彈簧、或大型儀器之輪齒壓力，需要加以計算；大型儀器雖然具有可觀之重量或接受強大之外力作用，亦不應在其精度，即在其機械的安定性方面遭遇絲毫之損傷；好比天文儀器、大型精密天平、諸如此類。

因為在精密機械方面所應用之構造材料亦往往與機械工程所用者有所不同，所以對精密機械工匠而言，他們自亦需要研究特殊的一種製造材料學，這種學問不僅涉及金屬材料，而且亦涉及非金屬材料，例如壓榨物質、纖維物質、絕緣物質、銲接藥劑、及膠泥等等。

在日次中所列出各構造零件之細分組別，並無十分明確之界限，敬希讀者加以注意。

例如“螺釘與螺母”這一組，乃將最普遍使用螺釘之螺紋與形狀，以及其應用之實例，予以說明。然而這一組竟是如此多方面的，除了螺釘接合方面，甚至在所有其他各組零件中亦出現螺釘之用途；由此可見其目的極為複雜。

“軸承等”、“直線導槽”、及“穩定較準法”此三組亦是彼此嵌接，有如犬牙交錯；其中一組可作另一組之補充，祇以普通所謂“軸承”即等於“曲線導槽”；而“穩定較準法”復又幾乎見用於任何一種導槽方面，因為從動部分大多數要用一定的較準方法使之穩定於帶動部分上面。就是“推動機構”（即指齒輪聯動裝置而言）往往亦與調整機構（好比制動裝置，諸如此類）結合在一起。但因不論如何劃分，此界限之模糊仍然存在；所以要選擇當前的分組方式，由此方式可很明顯的令人看出基本零件之形狀；不論如此零件是當作單獨元素（例如螺釘），或當作由若干元素組成的構造零件（可與原子與分子作比較）出現；好比軸承，導槽，穩定較準器與精密調準器，轉速變換器與調整機構，諸如此類。

因此，如此構造零件並非各自獨立的，意即不能再加分解的構造要素，如螺釘、銷釘、鉚釘、彈簧、齒輪，諸如此類；却由此等要素組合而成，如同分子乃由原子組成者。由於這種原故，我們選擇“構造零件”（Bauteile）此一名稱以代替從前亦甚通用的“構造要素”（Bauelemente）。

本書目前所採用的區分方法是這樣的，即首先就最為流行的構造要素（Bauelemente）予以分組，然後從精密製造技術所屬最為複雜的領域內出現組合而成各構造零件（Bauteile）中加以挑選，按其用途作分組之處理。就較大範圍而言，如此分組之處理自亦不能包括精密製造技術方面一切出現之構造零件；似此情形，任一了解如此廣大工作領域之專家學者，理當有所認識。大多數的構造要素（Bauelemente）根本就無法令人理解，而

納入一種配置以內；而且車削零件、衝孔零件、澆鑄零件、以及壓榨零件等，在精密製造技術方面，其出現的數量是無法估計的，而其形狀與任何新的結構是混淆不清的；或者在生活匆忙的工業社會中，往往經過短促的時間，這些零件就不復有其用途了。

以下各章所描述之構造零件，大部分是久已存在，而在原則上幾乎毫無改變；或者從這些零件亦可令人看出，機械技術方面與其他物理方面的問題，目前是如何解答的。如此問題在人類需求急速變換之下是接二連三發生的；對一般機械設計者與精密機械工匠亦應該有所啓示，採取其他方法予以解決。

目 錄

譯 序	III
原 序	V
編輯小引	VI
第一章 螺釘與螺母	1
第一節 概 說	1
1. 螺紋之性質與形狀	1
2. 螺釘之功效及其作用方式	2
3. 螺紋之製造方法	4
4. 螺紋之種類	4
第二節 螺 釘	8
1. 精密機械所用標準及非標準螺釘與螺母（或稱螺帽） ...	8
2. 螺釘與螺母之用途	9
3. 避免螺釘齒隙失動與鬆脫之方法	14
4. 製造螺釘與螺母所用之材料	17
第二章 彈 簧（發條）.....	19
第一節 概 說	19
1. 彈簧（或發條）之性質與功效	19
2. 製造彈簧所用之材料	20
3. 彈簧之應力與計算方法	20
4. 彈簧之分類	24
第二節 彈簧之種類	25
1. 螺旋彈簧（螺旋發條）	25
2. 圓錐形彈簧	38

3. 鈹簧	39
4. 遊絲	47
5. 盤形彈簧 (盤形發條)	72
第三章 導 槽	75
第一節 概 說	75
第二節 滑動導槽	77
1. 圓筒形導槽	77
2. 稜柱形導槽	83
第三節 滾動導槽	89
第四節 導槽之精密調準法	92
第四章 軸承裝置	97
第一節 概 說	97
第二節 滑動軸承	98
第三節 輥子軸承	121
第四節 軸承裝置之精密調整法	139
第五章 齒輪與輪齒接合法	145
第一節 概 說	145
第二節 基本定義	147
第三節 輪齒接合之基本法則	151
第四節 輪齒曲線之產生	152
第五節 輪齒接合之種類；輪齒之形狀	156
第六節 單式齒輪聯動機構	165
第七節 輪齒接合之製造方法	181
第八節 各種齒輪之計算方法	186
第六章 齒輪聯動裝置	195
第一節 齒輪傳動之性質與功效	195
第二節 推動之力量	195
第三節 聯動裝置之構件	197
第四節 聯動裝置之種類	206

第七章	速度調節器	259
第一節	概 說	259
第二節	制動裝置	260
第三節	減速裝置	261
第四節	制動調節器	269
第五節	擒縱調節器	275
第八章	固定裝置	287
第一節	概 說	287
第二節	穩定校準裝置	287
第三節	制動裝置	291
第四節	靜止裝置與摩擦停止器	296
第五節	扣緊裝置	298
第九章	分劃與讀數設備	301
第一節	概 說	301
第二節	長度分劃	306
第三節	圓周分劃	311
第十章	機器零件之連結法	321
第一節	概 說	321
第二節	可解開之連結法	322
第三節	不絕解開之連結法	332

第一章 螺釘與螺母

(Schrauben & Muttern)

第一節 概 說

(Allgemeines)

螺釘是在精密機械中最常見之零件；其用途完全歸因於螺旋線（簡稱螺紋）之特殊構造，而螺釘所以如此重要亦在於此。

1. 螺紋之性質與形狀

一條螺旋線在原則上之本來性質是經由幾何學作圖法而形成，如第一圖所示。如將直角三角形ABC

當作傾斜平面，而將此平面繞一其直徑等於「 d 」之圓柱體予以捲纏時，則該直角三角形之斜邊（或稱弦）AB便產生螺旋線AB'；在此螺旋線上從A到B移動之一點走了一段路程，此路程我們稱之為一條螺紋（der Gang）者；同時乃依斜坡而上升，此斜坡叫做螺釘之螺紋高度（die Ganghöhe），簡稱螺紋距，以「 h 」表示之。 φ 稱為上升角（der Steigungswinkel），但螺紋之斜度不是用角度，却是用螺紋距（ h ）來表示。

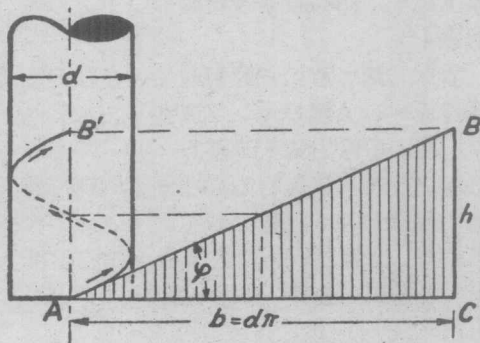


圖1. 螺旋線之形成

在第一圖所描繪者，是一種右轉螺旋線（das Rechtsgewinde）；如果三角形是以相反的方向使之纏繞圓柱體，必將產生左轉螺旋線（das Linksgewinde）。具有右轉螺旋線之螺釘是佔優勢的，左轉螺旋線則不多見，只有在迴轉零件中其右轉螺紋可能會自行鬆開之處，或按德國工業規範 DIN

2 精密機械之零件

1478-1480 所規定當二螺栓由于共同螺母（所謂張緊鎖片）自行支張之時，以及少數其他場合才有左轉螺旋線之用途。

2. 螺釘之功效及其作用方式

螺釘之功效及其作用方式，是以螺紋與傾斜面的相似為依歸。在第一圖所示之斜面上設有一個重量「 Q 」用一壓力或拉力「 P 」（與 b 邊平行）向上予以推動或拉動時，顯然可以成立下面的式子：

$$Q : P = b : h$$

$$P = \frac{Q \cdot h}{b} = Q \cdot \tan \varphi$$

由上式可以看出：傾斜度（即螺紋距）「 h 」愈小及「 b 」邊愈長，或 $\tan \varphi$ （即 φ 角）愈小，用以推動或拉動「 Q 」之力量自然愈小。

看第二圖：當使用螺釘時，可在螺旋軸的圓周或一較大螺栓頭，又或在一根較長的槓桿上施一切線力量（即離心力），庶使利用心軸之旋轉可依軸的方向在固定的螺母螺旋線中發揮其甚大之壓力或拉力「 Q 」（例如老虎鉗、有螺旋裝置之夾緊器、螺旋壓機等！）。當螺釘旋轉一個螺紋距之時，

$$b = 2r\pi ;$$

乃在軸的方向內其位移等於螺紋距「 h 」。是則在此假如力量「 P 」作用于心軸圓周之上，如第二圖所示，那末就傾斜面而言，其比例 $b : h$ 是相當於心軸圓周 $2r\pi$ 與螺紋距「 h 」之比，亦即

$$Q : P = 2r\pi : h$$

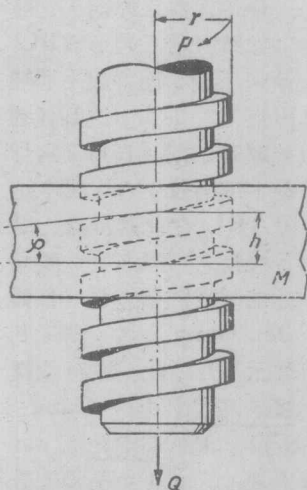


圖 2. 螺釘之作用方式

$$\therefore Q = P \frac{2r\pi}{h} = \frac{P}{\tan \phi} \quad \text{公式(1)}$$

例題：

設 $h = 5\text{mm}$ 之一螺釘被一力量「 P 」 $= 1.5\text{kg}$ 以 $R = 200\text{mm}$ 之槓桿作一個螺紋距之旋轉。試問此時所施之壓力或拉力「 Q 」究有多大？

【解】：

$$Q = 1.5 \frac{2 \times 200 \times \pi}{5} = 376.8\text{kg}$$

至於由摩擦發生之損失，在此不予顧及，以此條件我們基於能量不減原理 (das Gesetz von der Erhaltung der Energie) 亦可說明如下：

在螺栓頭上所作之「功」(即力量乘位移) 必須等於在螺釘尾上所作之「功」(亦即力量乘位移)：

$$P \cdot 2R\pi = Q \cdot h$$

$$\text{或 } Q = P \frac{2R\pi}{h}, \text{ 與(1)式相同。}$$

由此可見，我們只要消耗極小的力量，便可利用螺釘發揮極大之威力，自然要犧牲相當之位移。螺釘是一種頗為便利之工具，用以造成各機器零件中有力而易於鬆解之接合 (例如夾緊螺釘與固定螺釘)，或用以確實可靠而很方便的對活動部分作相對之調整 (好比調整螺釘與活動螺釘)。

在螺栓頭上所消耗之力量不能超越製造材料所允許的旋轉應力，那是不言可喻的。使用簡單的螺絲起子，便可“旋緊”(abwürgen)一個螺釘，那是人所共知的；旋緊螺釘時所用螺絲起子的把手，其半徑就等於用手施力之槓桿臂。

螺絲起子或起螺釘所用之鑰匙，與起螺釘時所消耗之力量，必須配合螺釘之直徑及其製造材料。至於螺釘強度之計算問題，在精密機械工業中是不大有其必要的。

附註：螺釘計算問題可參看德國工程師手冊 Hütte. Bd. II, 1937 年出版之第 26 版。

3. 螺紋之製造方法

螺旋線（簡稱螺紋）之製造是在提去刨片的方式下，使用鍍製螺紋之手鉗；在螺母螺紋則使用一種特製鑽頭爲之。直徑較大之螺旋線及細密螺旋線（例如在鋼管內外），在精密機械工業中是利用切製螺紋之樣板（即按照螺紋縱斷面製成之一種車刀）置於模型車床上鍍製而成。如此四把切製螺紋之鋼刀是安裝在螺釘自動切削器（Schraubenautomat）之螺紋切頭上，用以大量製造螺釘。大的、尤其是長的螺旋線（例如轉柱上之螺紋）乃在準心軸車床（Leitspindelbank）上鍍削而成；十分準確的螺旋線有時亦須用銑牀加以精製或加以輪磨。精密製成之螺紋心軸，必須依照德國國立物理工業研究所（PTR = Physikalisch-Technische Reichsanstalt）之規定，加以檢驗。

第一圖所示點之雙重運動——一爲繞圓柱軸之轉動，一爲沿此圓柱軸之移動——在原則上令人易於看出在準心軸車床上製造螺旋線之可能性：一把車刀（即螺紋鋼刀）必將平行於自行旋轉之圓柱軸作平行之運動，而同時就在此圖栓內削成一條凹槽；由此便產生刻有螺紋之螺栓。這兩種運動務必要有很均勻而調和一致之速度。

在沒有碎屑的造型中，該螺旋線必將受力而壓入於好比一根螺栓上面，亦即由於這一根螺栓乃介於具有凹槽（此凹槽是與螺紋縱斷面符合者）之二口唇中間作相當之運動所促成。如此輾輳而成之螺釘僅見用於大量製造之產品中，例如電力接線器、裝修零件等類。如用注鑄法（Spritzgussverfahren）及壓鑄法（Pressgussverfahren），可將螺母螺紋同時灌入而固定之；如用壓榨物質（好比人造樹膠），又可壓成金屬之活落套筒（參看後面第403圖）。

4. 螺紋之種類

爲達精密機械工業之目的，值得加以考慮者幾乎只有公尺制的螺旋線；祇要是按照德國工業規範（DIN）製成的螺釘與螺母，其應具備之公尺制尖螺紋（das metrische Spitzgewinde）是按照DIN 13及14條規定製成的。假如螺釘是作爲精密調整之用（參看下面第三章之（第四）節），或者假如在細管上——例如光學儀器上之透鏡鑲嵌處（參看後面第十章之第357圖）——必須切成螺旋線時，則按照DIN 241-243條及DIN 516-521條之規定我們要應用公尺制之細螺紋（das metrische Feingewinde）。螺紋之所以稱