

科學圖書大庫

機械原件學

(基礎篇)

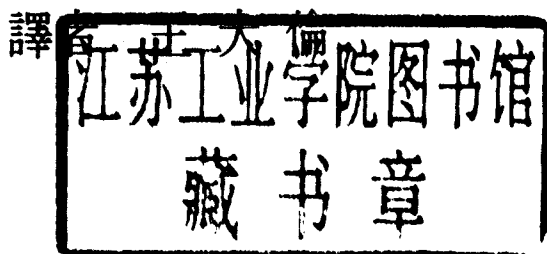
譯者 王大倫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

機械原件學

(基礎篇)



徐氏基金會出版

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 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十六年六月二十日初版

機械原件學 (基礎篇)

基本定價 3.40

譯者 王大倫 金屬工業發展中心副總經理

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
7815250 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，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，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者緒言

機械原件學乃機械設計學之入門，已往均以經驗數據為主，近代工程科學之發展再加上電子計算機及資料處理系統之奠定，使設計工作大為簡化而且進入系統化及自動化之階段，其對機械原件之進一步了解，實屬需要而迫切。原著人等以其工作及教學之經驗，對有關章節中各主題，作深入淺出之討論，使經驗與學理融會貫通，誠為本書之一大特色。深信吾國內學者在吸收本書內容之後，能作有效之利用與進一步之發展。

民國六十五年十二月

王大倫 謹識

原 著 緒 言

在最近數年來機械設計一門學問，已自陰影中脫出而居於重要地位。

古老經驗與構想蛻變成爲程式與計算。數理科學與哲學思想的理論正在向設計學問中闖入。

本書即有意試將傳統的機械原件學基礎部份資料，用近代數理科學方法予以闡明。

年輕的著者們憑着已有在數學，研究與工廠操作的經驗，對上項要求試行努力。

自一簡短的基礎概說起對機械工程中常用的接合方法與原件加以申述。其中常以數理科學的眼光，在造型方法上予以提示。

若干問題尚未獲得圓滿結論，在本書內特別對大學課程的理論方面，供讀者們作研究的啓示。在數值計算上則盡量予以免除，讀者可自機械手冊中尋找。

著者們希望本書早日刊印，因之內容短缺之處，容後續補，以配合大學教育之發展。

1973

D. Schlottmann博士

公式代字表

A	輸出值，面積	Z	固持變
A_s	螺釘斷面積	δ	力向量
c	彈簧常數（剛度）	Ω	彈程矩陣
C_B	拉簧常數	$\mathcal{M}$	系統內單件
C_G	西螺紋之剛度常數	$\mathcal{R}$	關係
C_M	螺如之剛度常數	r	移位向量
d	直徑	α	轉向角度
E	輸入值，彈性係數	α_k	形狀係數
F	力，彈簧負荷力	α_m	熱膨脹係數
F_r	徑向分力	β	因數，螺紋面角
H	螺紋深度	β_k	切口係數
I	慣性幕	γ	角度變化
k	大小影響值	δ	變形角度，衰振度
K_n	價值數	ε	相對效果，伸長率
l	長度	η	週率比，效率
l_k	夾持長度	η_k	切口敏感度
l_u	疊塔長度	κ	表面影響，形狀影響
M_t	轉矩	λ	修長度
P	平均表面壓力	ρ	密度，衰振作用
p_a	或然率	φ	磨擦角
P	形狀（斷面），螺紋步距	σ	垂直應力
Q	橫向力	τ	剪應力
R_p	壓平深度	φ	衝擊數，角度變化，繞轉角度
R_t	粗糙度		
S	安全度	χ	應力（降）差落
t	溫度	ω	自身週率
V	放大因數	Ω	激勵週率
W	變形能量	μ	磨擦係數
W_0	衰振工作量		

目錄

第一章 機械設計學基礎 概論

1.1 要義之確定	1
1.2 設計之思維過程	1
1.3 設計發展過程之結構	3
1.4 構造原件功能性之分類草案	5
1.5 系統性之啓發——工程師工作之方法	6
1.6 機械工程之標準化	10
1.6.1 要義及定義	10
1.6.2 優先數值	10
1.6.3 長度公差	12
1.6.4 配合制度	16
1.6.5 表面品級	19
1.7 構造原件之尺寸造型	21
1.7.1 尺寸造型要根據工程基本智識之相互關係	21
1.7.2 負荷之承受，負荷種類	21
1.7.3 受力種類，安全度，防止破斷或損壞之尺寸造型	21
1.7.4 受混合靜力之柱	

體（負荷類 I）	25
1.7.5 柱體之含有切口者（負荷類 I，基本受力種類與聯合受力）	28
1.7.6 受變動力之柱體（一般負荷類）	33
1.7.6.1 持久強度，大小之影響，安全度	33
1.7.6.2 切口作用，切口敏感，表面之影響	38
1.7.6.3 防止持久破斷之尺寸造型	39
1.7.6.4 長時間性強度及累積受損	44
1.7.6.5 持久破斷之意義，持久破斷之原因	44
1.7.7 表面接觸受力之造型及尺寸問題	46
1.7.8 根據變形之棒狀	

體尺寸設計.....	48
1.7.8.1 構件變形之 計算基礎...	48
1.7.8.2 根據變形之 尺寸設計...	49
1.7.8.3 不穩定之危 險.....	50
1.8 機械原件之設計造型	54
1.8.1 有關材料排列及 供應之準則	54
1.8.2 對加工便利及材 料利用之造型...	56
1.8.2.1 鑄件之造型	57
1.8.2.2 鍛件及沖壓 件之造型...	59
1.8.2.3 板件之加工	59
1.9 合理之材料供應.....	60
1.9.1 選用材料之準則	60
1.9.2 機械工程中重要 材料之性質.....	65
1.10 價值評估及最有利情 況之尋求.....	81
1.10.1 設計發展過程中 評價及求進.....	81
1.10.2 設計評價之因素 及方法.....	81
1.10.3 設計上求進之方 法.....	83
1.11 應用相似性力學於工 程圖形之設計.....	86
1.12 統一性制度 AUT - EVO 一(自動生產 工程之準備).....	88

1.13 參考資料.....	90
----------------	----

第二章 接合原件與接合 方法概論

2.1 依材料、形狀及受力 情況設計接合方法...	92
2.2 接合件間力與轉矩之 傳送問題.....	94
2.3 參考資料.....	99

第三章 熔銲接合

3.1 基本要義及定義.....	100
3.2 材料之可銲性.....	103
3.3 銲接應力，銲接收縮 及其對造型上之影響	111
3.4 銲縫準備工作準則...	119
3.5 適合於銲接結構之設 計法則.....	124
3.6 熔銲接合之強度及其 計算.....	130
3.7 電阻銲接接合之強度 計算及其造型.....	142
3.8 參考資料.....	147

第四章 黏接接合及 軟銲接合

4.1 概 論	149
4.2 黏接接合.....	150
4.2.1 物理性之基礎...	150
4.2.2 金屬黏接之特殊 性.....	152
4.2.3 黏接方法之優點 及缺點.....	156

4.2.4	黏接(劑)材料 及其施工	156
4.2.5	黏接接合之計算 及造型	164
4.2.6	金屬黏接接合受 各種外力之情況	176
4.3	硬焊及軟焊	179
4.3.1	施焊過程	179
4.3.2	可焊性, 焊料, 熔劑及施焊方法	180
4.3.3	機械工程構造材 料之焊接, 應用 及造型準則	187
4.3.4	焊接接合之性質 及其計算基礎	192
4.4	參考資料	194

第五章 螺紋

5.1	定義	197
5.2	螺紋之力學	197
5.3	應用及造型	201
5.3.1	造型之一般性要 點	201
5.3.2	傳動螺紋	202
5.3.3	固持螺紋	204
5.4	螺紋原件之受力情況	205
5.4.1	螺紋上之受力	205
5.4.2	螺紋上軸向力之 分佈	207
5.4.2.1	物理性基礎	207
5.4.2.2	設計上之結 論	215
5.5	螺紋芯之強度	219

5.5.1	功能上負荷	219
5.5.2	額外負荷	222
5.6	螺紋, 螺釘及螺帽之 標準式樣	225
5.6.1	標準化之條件	225
5.6.2	標準構件	226
5.6.2.1	螺栓(螺釘 連螺帽)	226
5.6.2.2	螺 絲	226
5.6.2.3	螺 帽	227
5.6.2.4	其他標準構 件	227
5.7	參考資料	228

第六章 高強度螺釘接合

6.1	概 論	229
6.2	高強度螺釘接合中之 受力情況	230
6.2.1	受橫推(剪)力 之螺釘接合	230
6.2.2	受軸向力之螺釘 接合	234
6.2.2.1	主要構造	234
6.2.2.2	構件間之彈 性	235
6.2.2.3	內預緊力	238
6.2.2.4	受外加運轉 力負荷之預 緊螺釘接合	241
6.2.2.4.1	負荷力 分佈與 理想之 緊壓圖	241

6.2.2.4.2	設計上之結論	244
6.2.2.4.3	實際緊力圖	254
6.2.2.4.4	緊壓狀態下受熱之影響	257
6.3	螺釘接合之保險裝置	259
6.3.1	問題內容	259
6.3.2	預緊狀態之施工	259
6.3.3	保持預緊情況之法則	264
6.3.3.1	概 論	264
6.3.3.2	由鬆動所產生之預緊力損失	265
6.3.3.3	由鬆轉所產生之預緊力損失	266
6.4	參考資料	272

第七章 軸殼接合

7.1	軸殼接合之任務	273
7.2	軸殼接合之分類	273
7.3	形體結合型之軸殼接合	273
7.3.1	圓銷釘接合	274
7.3.2	長方平銷接合	275
7.3.3	槽 軸	277
7.4	力結合型之軸殼接合	280
7.4.1	夾持接合	281
7.4.2	漲圈接合	283

7.4.3	緊壓接合	286
7.4.3.1	薄殼及實心軸之壓入接合計算法	288
7.4.3.2	厚殼及空心軸之壓入接合計算法	289
7.4.3.3	例 題	292
7.4.3.4	緊壓接合受外力時之一般計算法	294
7.4.4	錐形接合	297
7.5	加預力之形體結合	300
7.5.1	緊銷接合	300
7.6	殼之造型設計	304
7.7	參考資料	307

第八章 彈 簧

8.1	定義及應用目的	308
8.2	導 言	308
8.3	彈簧材料	309
8.4	彈簧原理	309
8.4.1	彈簧特性曲線，彈簧剛硬度（常數）	309
8.4.2	彈簧（變形）工作量	311
8.4.3	受斜力之彈簧行程	312
8.4.4	彈簧之力影響值	313
8.5	彈簧系列	315
8.5.1	並列與串聯	315
8.5.2	並列之彈簧常數	316

8.5.3	彈簧系列之彈簧 主軸……………	316	8.7.1.2.3	捲繞臂 力彈簧	340
8.5.4	三度空間性之彈 簧系列……………	318	8.7.1.2.4	雙金屬 彈簧…	341
8.5.5	例題……………	318	8.7.1.3	扭力彈簧…	341
8.6	彈簧之計算……………	322	8.7.1.3.1	桿狀扭 力彈簧	341
8.6.1	負荷之過程……………	322	8.7.1.3.2	螺狀扭 力彈簧	343
8.6.2	靜力負荷……………	322	8.7.2	橡膠彈簧……………	348
8.6.3	變化力負荷……………	323	8.7.2.1	受拉彈簧…	350
8.6.3.1	彈簧受有調 和型波狀力 負荷及磨擦 力衰振作用	325	8.7.2.2	受壓彈簧…	350
8.6.3.2	受衝擊力負 荷之彈簧…	326	8.7.2.3	平行剪力彈 簧……………	351
8.6.4	固定自身週率之 彈簧特性線……………	330	8.7.2.4	受扭轉力之 剪力彈簧…	352
8.6.5	彈簧質量之影響	330	8.7.2.5	受徑向力之 套管狀彈簧	354
8.7	彈簧之形式，造型及 製造……………	331	8.7.3	空氣彈簧……………	355
8.7.1	金屬彈簧……………	331	8.8	彈簧設計之求進……………	357
8.7.1.1	受拉受壓之 彈簧……………	331	8.8.1	對材料與裝置空 間作最大之利用	357
8.7.1.1.1	受拉之 桿狀彈 簧……………	331	8.8.2	運轉上之配合…	358
8.7.1.1.2	圓環狀 彈簧…	332	8.8.2.1	折屈之特性 線……………	358
8.7.1.2	彎力彈簧…	334	8.8.2.2	增強型之特 性線……………	360
8.7.1.2.1	片狀彎 力彈簧	335	8.9	參考資料……………	362
8.7.1.2.2	盤(碟) 狀彈簧	338			

名詞對照

第一章 機械設計學基礎概論

1.1 要義之確定

設計工作之對象為提供一工程事物之圖形或一系統，一結構之組合或單件或由之能經組合而成之組件。

在構造原件一詞之下，應包括各種工程上部份系統，並常有反覆為相同或相似之功能而應用者。

在此處需要將構造原件與機械原件二者間之要義予以區分如下：

真正之機械原件乃指如螺釘、彈簧、軸等，經常使用之部份系統則如螺釘接合、軸轂接合、軸承等，與使用材料之接合如鉚接、軟焊、黏接，以及互換性製造用之配合系統與公差。由之可見機械原件亦可稱之為構造原件，實屬需要而毋庸議者，反之構造原件一詞與設計原件之間亦應有所分界。前者祇為原件與原則，而在後者則包括設計時之構想、方法以及設計過程中有關之事項。對構造原件之認識以及再增加對構想方法等等，使之與實際相接近且講求效果，實為設計者日常之工作，與全體參予工作者之集體目標。

1.2 設計者之思維過程

設計乃為一工程事物之思想圖形，在實際上當未出現者。為某一目的之需要一企業常設法由設計工作實現其此項工程事物。此一定義再可由系統理論而使更為完善。

一工程事物可視之為一個黑箱（圖1-1），在進口 E 處加入原料或動作，經該箱內部而由出口 A 處送出品或答案。設計過程中即為將若干系統之單元 M 及其相互關係 R 相接合在經 E 至 A 之過程而得最有利之答案，在此可舉例以說明之如下：

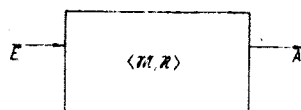


圖 1-1 黑 箱

問題：

需設計一工程事物，用一力 K 經旋轉 α 角之後，同時依一比數 β 送出，圖1-2。

在圖1-2中可將問題視之為一黑箱，並列出其需要完成任務之結構，其中各單元本身亦可為一部份系統所組成，並求其關係之可能性。

圖1-3示若干可能之結構型式，其中所有外力當為在平衡之狀態。

在此該問：“是否已將問題解決”，答案顯然是否定的，因此等答案完全出自吾人所貯存於腦中之記憶而來，並假定其類似之解答均可隨時提供者。吾人亦可自若干論文資料中找尋解答。事實上一種真正之發明乃屬十分稀少。蓋其中若干分部系統或多種工程元件，均屬已知者而加以配合利用而已。

設計之過程為聯合各種構造原件於一系統中並成為一種新結構。故對各種有利用價值之原件或分部系統須加分析而獲得一最有利並有系統性之組合，以符合既定之目的。

首先之問題為如何將構造原件分類，此一嘗試將在下文1.4章節內提出，該處亦將說明如何此種黑箱型之工程事物，能對問題上作有利之解答。

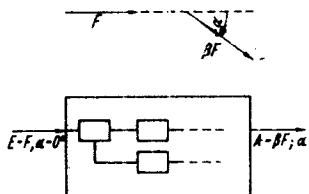


圖 1-2 具有特別功能之黑箱

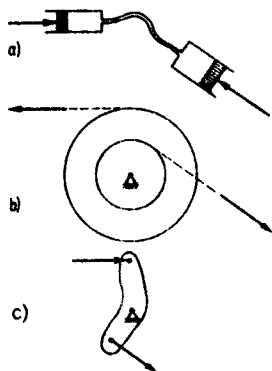


圖 1-3 適合於改變力之大小與方向之工程解答

a) 液壓法 b) 齒輪法 c) 槓桿法

1.3 設計發展過程之結構

一工程事物之物質上製造，其重要部份在於工程上對其各分部過程之準備工作，其實際內容即為設計之發展過程（KEP）。此項過程包括全部為此工程事物或系統之實現而需要之精力、人力、機械作業以及為企業需要之完善組織。

設計發展過程應與方法發展（VEP）與工技發展（TEP）有極密切之相互關係。方法發展之目的為工程上之方法，在總目的為發展一需要之工程事物上自為有助於其實現。

工程事物之設計任務乃在未有實現該結構之前，作一明智之決定。因之其方法上之發展與已找到之方法原理而行設計處理，二者應相平行比較，並亦顧及其後新加入之工技方面之發展成果。圖 1-4 示上項分部過程在生產準備工作上之相互關係。

如再回到設計發展過程之黑箱譬喻，則其投入部份為 E ，轉變為送出部份 A （圖 1-5）。

E ：由於企業之任務所引出之待決問題。

A ：所需工程事物之全部結構說明，用以解決企業之任務者。

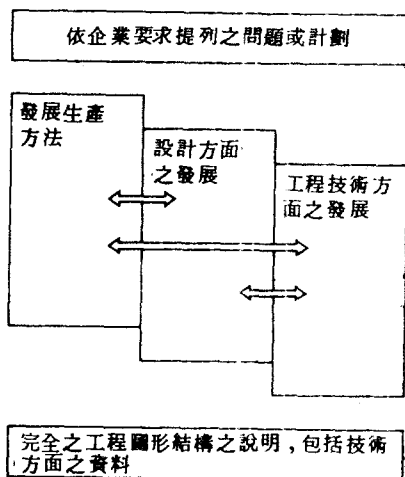


圖 1-4 在生產工程準備中部份過程之相互關係〔1.2〕

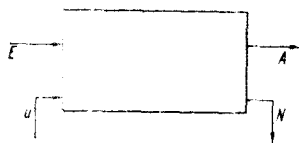


圖 1-5 以黑箱示設計之發展過程：

E ：為企業要求提列之問題或計劃

A ：為完全之工程圖形結構之說明

U ：為影響設計發展之有關情況

N ：為遭遇之副作用如方法上資料之獲得

在設計發展過程中具有特殊地位者乃為工作人員或工作小組。分析此一設計發展之過程，可發現其為一極其複雜之機構即以其工作之人員而言乃須有衆多之時間上先後或同時並行之工作小組所組成，由之其分部系統之型式亦與待解決之問題情況而互異。因之此處祇能將下文中所提之需要思慮部份，作簡要之說明其組織型態。

主要之由 E 變成 A 過程中獲得最有利情況，乃為使工作人員認為其自身擁有左右之大權，（圖 1-5）。此一情況之進一步須對系統上具有心理學之知識與準備。在此處對貯存系統（過去之經驗）有日漸受重視之趨勢。

工作人員常需與貯存資料有經常與簡易之交通，使各種資料，定律及構造原件等能隨時到手。此種呼之即到之成功自亦與分類有關，而將於下文 1.4 章節中再為提及。

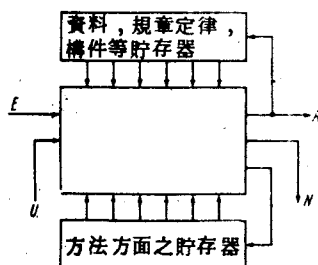


圖 1-6 設計之發展過程及所需之貯存（記憶）器

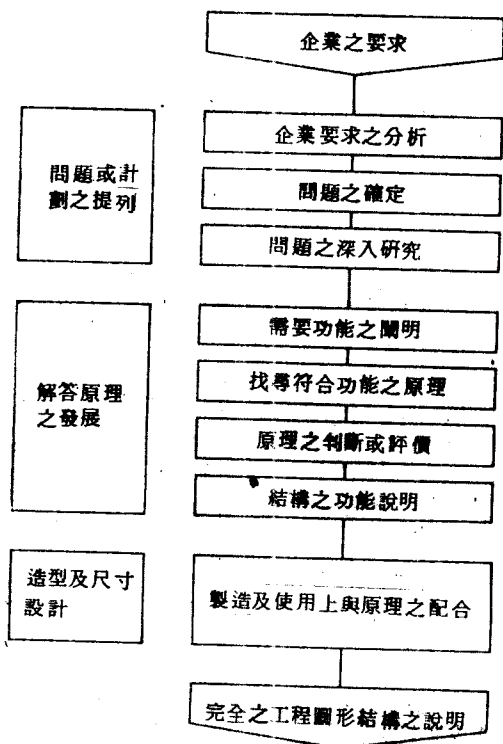


圖 1-7 設計發展過程之組織流程