

實用機械設計

李耀民譯



首都出版社出版

實用機械設計

李耀民譯

首都出版社出版

北京市人民政府新聞出版處
出版許可證出字第〇三三號

版權所有 ★ 不准翻印



實用機械設計

25開 206頁 154,000字

定價人民幣 18,000元

譯者 李 耀 民

出版者 首都出版社

印刷者 北京市印刷二廠

北京佟麟閣路71號

電話(二)一三〇七號

發行所 首都出版社

北京石驢馬後宅甲36號

電話(二)〇二一八號

1953年6月初版

0001—3,000

原書名：機械設計

原作者：三宅文次郎

原出版者：日本電機學校

原本版次：第四版

原出版年月：昭和14年7月

譯 者 序

本書乃根據三宅文次郎著“機械設計”一書直譯而成。內容簡明扼要，由淺及深，很少應用高深數理，全部採用公制，頗有實用價值。每章設有例題，並附摘要，用以幫助讀者學習和記憶。因此本書對初步學習及自修參考，均屬十分適用。

機械設計一科，包含機械知識非常廣泛，與機構學、機械力學、機械材料學、材料強弱學、機械製圖學、機械工作法等，皆有密切不可分之關係，因此機械設計為機械工作者所必須鑽研之一門知識，當茲祖國大建設之前夕，譯者鑑於此種書籍之需要，於業餘時間將其譯出以供參考。不過限於個人才力，錯誤之處在所難免，尚希讀者批評指正實為幸甚！

1953年4月30日於北京

目 錄

第一章 緒 論	1
1. 機械及其目的	1
2. 機械之設計	1
3. 機械設計必備之知識	2
4. 機械所負力量	3
5. 應力及應變	4
6. 應力應變線圖	4
7. 彈性率	5
8. 安全率及安全應力	7
9. 機械材料	12
10. 摘要	19
第二章 螺絲、螺栓、螺母	21
11. 螺絲	21
12. 三角形螺絲	22
13. 四角形螺絲及其他形狀之螺絲	27
14. 螺栓	29

15. 螺釘	29
16. 螺母鬆動之預防	31
17. 螺栓大小之決定方法	32
18. 螺紋之切削法	33
19. 摘要	36

第三章 鉚釘及鉚接合 38

20. 鉚釘	38
21. 鉚釘孔	39
22. 鉚釘之形狀	39
23. 鉚接合	41
24. 鉚接合所起之應力	45
25. 鉚接合之破壞及設計之要領	44
26. 鉚接合之效率	47
27. 蒸汽鍋爐之鉚接合	48
28. 結構物之鉚接合	52
29. 摘要	54

第四章 鍵、銷栓及銷 56

30. 鍵之種類	56
31. 鍵之強度及尺寸	58
32. 銷栓及扁栓	60
33. 銷栓之強度及尺寸	61
34. 銷栓之拔梢及其固定法	62

35. 銷	63
36. 摘要	64
第五章 軸	66
37. 扭矩	66
38. 軸上之作用力	67
39. 受扭轉作用之軸	68
40. 受彎曲作用之軸	70
41. 受扭轉及彎曲聯合作用之軸	72
42. 受扭轉及壓縮聯合作用之軸	73
43. 空心軸	74
44. 鍵槽之影響	75
45. 摘要	76
第六章 聯軸節	78
46. 套筒聯軸節	78
47. 凸緣聯軸節	79
48. 萬向聯軸節	81
49. 歐氏聯軸節	82
50. 爪形聯軸節	82
51. 摩擦聯軸節	83
52. 撓性聯軸節	84
53. 摘要	85

第七章 軸 承 87

A. 滑動軸承

54. 概說.....	87
55. 滑動軸承之種類.....	88
56. 軸承之所耐壓力.....	88
57. 軸承之強度.....	89
58. 軸套.....	90
59. 頸軸承.....	95
60. 樞軸承.....	96
61. 環軸承.....	97
62. 軸承之滑潤法.....	99

B. 轉動軸承

63. 鋼珠軸承.....	100
64. 鋼珠軸承之所耐載荷及摩擦係數.....	102
65. 鋼珠軸承之按裝方法及實例.....	105
66. 滾柱軸承.....	106
67. 摘要.....	107

第八章 齒 輪 111

68. 模數與徑節.....	111
69. 齒形之大小.....	114
70. 齒輪銑刀.....	115
71. 齒之強度及周節之決定方法.....	117

72. 齒輪各部之設計.....	126
73. 摘要.....	132
第九章 鏈及鏈輪	135
74. 鏈之種類.....	135
75. 圓棒鏈.....	135
76. 鏈筒.....	136
77. 鏈輪.....	137
78. 鏈鈎.....	138
79. 連動鏈.....	139
80. 塊環鏈及鏈輪.....	140
81. 轉筒鏈及鏈輪.....	140
82. 鈎環鏈.....	143
83. 無聲鏈.....	144
84. 摘要.....	146
第十章 離合器	148
85. 離合器.....	148
86. 牙嵌離合器.....	148
87. 摩擦離合器.....	150
88. 圓錐離合器.....	151
89. 圓盤離合器.....	154
90. 圓筒形離合器.....	157
91. 安全聯輪節	160

92. 離合器之操縱機構·····	161
93. 摘要·····	163
第十一章 制動器 ·····	165
94. 制動器·····	165
95. 塊狀閘·····	165
96. 帶閘·····	168
97. 軸向閘·····	170
98. 機力閘·····	171
99. 摘要·····	172
第十二章 彈 簧 ·····	173
100. 彈簧之用途·····	173
101. 彈簧之材料·····	174
102. 彈簧之形狀·····	175
103. 螺旋形彈簧·····	176
104. 板彈簧·····	178
105. 摘要·····	179
譯名對照表·····	181

第一章 緒 論

1. 機械及其目的

機械是什麼東西，一般人雖非專家，但也有很多知道，如工作機械、印刷機械、火車、輪船、汽車、飛機等都是利用機械構成的。所謂機械是數個部份，裝配連系在一起，得以相互運動，其中一部份受能力（Energy）之供給，通過機械部份，傳到另一部份而從事有用之工作。但機械之所作工作，是依照要求而定，故其動作是有限制的。

加於機械之能力（Energy），如動力中之最簡單者，為人力及動物力。假如需要大的動力且須繼續不斷時，其動力源泉，則須求於自然界。在地球上存在於自然界之能力，是有莫大之數量。現在人類利用之範圍極其狹小，僅利用石油及煤炭等之燃燒熱，及一部份水力、風力。將上述自然界存在之能力，變形為有用之動力機械，此機械稱之謂原動機（Prime mover）。原動機有風車、水車、蒸汽機、蒸汽透平、內燃機、發電機等，其種類極少。原動機以外之機械種類極多，均受原動機之動力，才能從事各種工作。

2. 機械之設計

機械製造時，最先得考慮各種機械規模，使其動作如何適合其目

的，此規模稱之爲機構（mechanism）。此種機構受動力後，當傳達變動受力時，不但不許破壞損傷，且不得有一點變形。所以對供給機械製造之材料，其軟硬、強弱、彈性之多少，其他物理性質、化學性質等，依其種類各有不同。此種性質不同之各種材料，將其適當者選定之而行製造機械各部。材料決定後，再研究關於各部分所起作用力之關係，而後規定出既安全且經濟之尺寸。上述乃機械製造時預先必行之事，以上之思考，稱之爲設計計劃。

一般計劃者與製作者，並非一事，前者是將無一絲錯誤之思考結果，傳達給後者。傳達方法是依製圖最爲適宜精確，故當機械製造時，最初建立計劃，依此再繪製工作圖（Working drawing），此稱之爲設計。關於機械方面之設計，特稱之爲機械設計（machine design）。

3. 機械設計必備之知識

第一、選定最適合於機械目的之機構；

第二、研究機械各部所起之作用，選擇適當之材料；

第三、機構種類及構成材料決定後，對材料之強弱及是否經濟等各方面而行決定各部之形狀及尺寸；

第四、繪製機械工作圖並附加說明書。

前項之第一，須供給有關機構學（mechanism）之知識，第二及第三說明於材料強弱學（strength of materials），關於力之作用方面，表示於動力學（dynamics），第四須有機械製圖學之知識，故機械設計如脫離以上各種學問是不可能的。

機械設計時，設計者如缺乏關於機械工作法之知識，其所設計之機械，往往不得成功。即使辛辛苦苦雖得以造成，但因製造困難而需

大量工費，故設計者對機械工作法不能視之度外。爲使機械能從事其目的之工作，對運轉使用中之實際情況亦須預加考慮，前述附加說明即在於此，說明書是記載機械製作之要點，期其能盡其機力而工作。

4. 機械所負力量

如前所述，機械接受能力後，而變成從事有用之工作，則其各部分亦受有各種力量，此種力量於各部分，稱之爲載荷 (load)，舉其主要者如下：

1. 機械因從事工作所受之力量；
2. 因機械自身之重量而生之力量；
3. 因摩擦而生之力量；
4. 因加速而生之力量；
5. 因熱變化而生之力量。

以上其中主要須考慮者，(1) 因從事工作所受之力量，稱之爲有用負荷 (usefull load)，此乃機械設計根本之處，(2) 以下之各種力量，如無很大影響，可以不必考慮，假若有相當影響亦必須考慮之。例如設計起重機時，除因舉起重物所生之力量以外，對起重機本身之重量，也不得不加以考慮，又有時因吊起速度之變化，對因加速度之惰力，亦得考慮之，又如千斤頂 (screw jack)，螺旋部分之摩擦，變爲很大之抵抗力亦須考慮設計之，對受激烈熱變化之機械，因其熱變化所生之力，更須考慮不可。

機械所受載荷之中，有靜止或慢慢增加之靜載荷 (dead load)，及極端激烈之衝擊 (Shock)，並大小方向有變化之動載荷 (live load) 等種類，靜載荷在設計計算時，可以掌握相當正確，但動載荷，很多

地方甚難決定，往往因誤解載荷物之性質，致遭設計上顯著之失策，故須注意。

徵諸多人之實際經驗，動載荷較同樣大之靜載荷，其材料破壞是非常之速。例如軟鋼棒，以 27000 公斤之靜載荷而行破壞時，將約 18000 公斤之載荷，往復壓上取下，如達 200 萬至 500 萬回以上時，終必破壞。又同樣之軟鋼棒，以 9000 公斤之力量，交互拉伸並壓縮，往復到 200 萬至 300 萬回以上，終亦必破壞。徵其實際，如火車之鋼製車軸之累計迴轉數，如超三億以上，往往於車輪側面破壞之。

5. 應力及應變

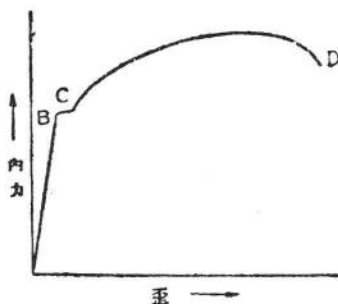
物體受外力作用，不論大小必發生形狀變化，此形狀變化，稱之為應變 (Strain)。用變形與原形之量比，來表示應變之大小，對起應變時物體內部誘起之抵抗力，稱之為應力 (Stress)。應力依外力之種類，而分以下三種：

1. 牽引應力 (tensile stress) 受外力牽引時所誘起之應力；
2. 壓縮應力 (Compressive stress) 受外力壓縮時所誘起之應力；
3. 剪斷應力 (Shearing stress) 受外力剪斷時所誘起之應力。

此三種應力為單純之應力，但實際情況將物體彎曲或扭轉，往往同時能誘起兩三種應力，形成相當複雜之應力。故應力之大小，是以其單位面積所受外力之大小而表示之。通例以 公斤/平方公分 (Kg/cm^2) 或 噸/平方公分或 磅/平方吋 ($\text{lbs}/\text{sq. in.}$) 及 噸/平方吋表示之。

6. 應力應變線圖

取某種材料畫線圖表示，應力為縱線，應變為橫線，兩者之關係



第 1 圖

是非常明瞭，此線圖稱之為應力應變線圖 (Stress-Strain diagram)。第 1 圖是將軟鋼材料牽引而得之應力應變圖，至 B 點為直線，此表示應力與應變成正比，為有名之胡克氏定律 (Hooke's law)。至 B 點已出相當之應力，此稱之為比例極限 (limit of proportionality)。其次於 C 點，線圖急劇彎曲，其後應變較應力急劇增大，此表示材料已受變化，缺少彈性，C 點稱之為降伏點 (yield Point)，亦稱彈性極限 (elastic limit)。此點為永久變形 (Permanent set) 之極限點，外力一去亦無應變，一般均以 B 點為比例極限。故在任何情況，構成機械之材料不應超過此點。

其次於第 1 圖中，應力愈增，其應變也愈增大，材料最終於 D 點破壞。以最初材料之斷面積，除破壞材料之外力，其所得之值，稱之為最後強度 (ultimate strength)。外力依牽引及壓縮之別，而分為抗牽強度 (tensile Strength) 及抗屈強度 (Compressive Strength)。

7. 彈 性 率

如前節所述，至比例極限應力及應變成正比。亦即應力與應變之比為一常數，此常數稱之為彈性率 (modulus of elasticity)。

今外力向着軸之方向，其應力為 f ，應變為 $\frac{\Delta l}{l}$ ，彈性率為 E ，

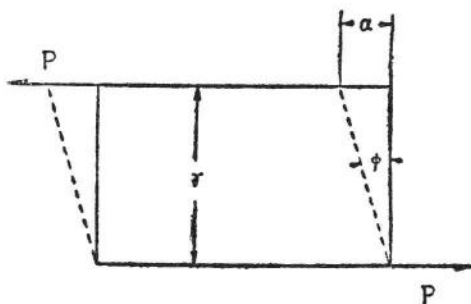
$$\text{則} \quad E = f \div \frac{\Delta l}{l} = \frac{fl}{\Delta l} \dots\dots\dots (1)$$

設外力爲 P , 材料之斷面積爲 A , 將 $f = \frac{P}{A}$ 代入上式,

$$\text{則 } E = \frac{Pl}{A\Delta l} \dots\dots\dots (2)$$

彈性率 E , 是依據材料, 差不多是一定值, 其單位與應力相同, 一般以公斤/平方公分 或 磅/平方吋 表示之。

其次外力如第 2 圖所示, 平行成爲相反方向之外力 P 時, 材料因受剪斷力而生應變, 其值以 $\frac{\alpha}{\gamma}$ 表示之。



第 2 圖

今設應變 $\frac{\alpha}{\gamma}$ 爲 ϕ , 剪斷應力爲 f_s , 彈性率爲 C ,

$$\text{則 } C = \frac{f_s}{\phi} \dots\dots\dots (3)$$

設材料斷面積爲 A , 將 $f_s = \frac{P}{A}$ 代入上式,

$$\text{則 } C = \frac{P}{A\phi} \dots\dots\dots (4)$$

此 C 值, 是依照材料, 差不多是一定值, 此稱之爲橫彈性率 (modulus of transverse elasticity or modulus of rigidity)。多數之金屬材料爲 $\left(\frac{3}{8} \sim \frac{2}{5}\right) E$, 對此 E 稱之爲縱彈性率 (modulus of direct elasticity or Young's modulus) 而區別之。

某項材料增加牽力或壓力時, 縱的方向發生伸縮之同時, 橫的方

向也發生伸縮，

$$\text{即 } \frac{\text{橫應變}}{\text{縱應變}} = \frac{1}{m} = \text{波生氏之比 (Poisson's ratio)}$$

m 之值，在同一材料，幾乎爲一常數，通常爲 $3 \sim 4$ ，也有爲 $2.2 \sim 4.5$ 者但很少。

8. 安全率及安全應力

一般在機械各部所起之最大應力，不能超過其材料之彈性極限，已於前面述及之；但於實際，爲了其安全，應力最好要在彈性極限以內，此應力稱之爲安全應力 (Safe working stress) 及常用應力 (working stress) 或容許應力 (allowable stress)。此時外力稱之爲常用載荷 (working load)。又材料之最後強度與常用載荷之比，稱之爲安全率 (factor of safety)。

$$\text{安全率} = \frac{\text{最後強度}}{\text{常用載荷}} = \frac{\text{最後強度 (抗牽或抗屈強度)}}{\text{安全應力或容許應力}}$$

安全率其數通常較 1 爲大，其採取方法，爲機械設計上最重要之處，所以決不是很容易決定的。

安全率之採取方法，應考慮材料之種類，構造之如何，不同形狀之載荷，材料之性質是否靠住，或受空氣及其他影響腐蝕，而起其他之變化，應較性質良好不起變形之材料採取更大之安全率。尤其機械各部之總載荷量，未有充分明確時，更需極大之安全率，因常用載荷有忽然增加之虞，所以採取最大之安全率是有必要的。

由此觀之，一台機械之製作，各部分採取同一強度，及同一安全率是錯誤的，原因是機械之某部分是受靜力載荷，某部分是受衝擊