

庫文技科文正

機 械 設 計

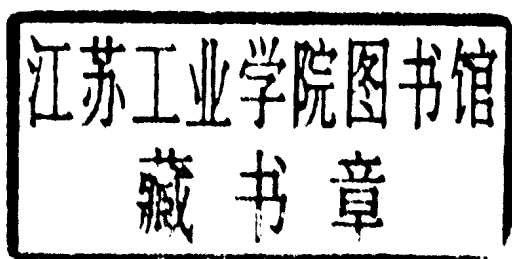
編譯會員委譯編局書文正

 正文書局

庫文技科文正

機 械 設 計

編譯會員委譯編局書文正



行印局書文正

原序

現今，世界工業生產之發展，有賴於機能優異的機器，而製造這些機器之基礎，在於優秀的機械設計技術。職是之故，機械設計在生產工廠，是最重要技術之一，其內容既複雜，而且也涉及許多方面。

本書是以年青的各位技術人員，和高工以上學生為對象，講解機械設計之基本知識和實際技術。所以，盡量以淺顯易解以及簡潔的文字，把實務性事項和相片資料納入篇幅，以豐富的圖解，再配合例題、習題。盼望本書將有助於各位讀者充實有關機械設計技術。

本書以上述意旨為基本作說明，故欲從本書學習的各位讀者，當然，最好是盡量依次從第一章閱讀為理想，但有時候，也可以從所需要的章節閱讀。

筆者學識淺陋，容有許多不令各位滿意，或辭不達意之處，尚祈各位讀者，多賜教言，以便修訂。至盼。

著者 謹識

機 械 設 計

第一章 機械設計之基礎

第一節 機械設計之目的與要項	1
第二節 機械材料之選擇方法與強度之計算	3
1. 選擇機械材料之方法	3
2. 強度之計算	3
第三節 機械製圖及機械工作	15
1. 機械製圖	15
2. 關於機械工作	15

第二章 結合用機件

第一節 螺絲、螺栓及螺帽	17
1. 螺絲	17
2. 螺絲種類與用途	19
3. 螺栓、螺帽	24
4. 螺絲強度與螺栓粗細	30
5. 螺栓孔、座、墊圈及扣件	36
6. 扳手及其他夾緊工具	39
第二節 鉚釘接合	39
1. 鉚釘與鉚釘接合之種類	39
2. 鉚釘接合之用途與強度	42

第三節 鍵、栓與銷	44
1. 鍵	44
2. 栓	50
3. 銷	50
第四節 熔接接合	50
1. 熔接接合之種類	50
2. 熔接接合之強度	52
習題	55

第三章 軸及其機件

第一節 軸	56
1. 軸之種類與用途	56
2. 軸之設計	57
3. 軸之強度與粗度之計算	58
第二節 軸聯結器與離合器	64
1. 軸聯結器、離合器之種類與用途	64
2. 設計軸聯結器須注意事項	68
第三節 軸承	69
1. 軸承與軸頸	69
2. 徑向軸頸之設計	73
3. 止推軸頸之設計	77
4. 設計軸頸、軸承時須注意事項	80
5. 軸承之潤滑法	81
習題	85

第四章 摩擦傳動裝置

第一節 關於摩擦傳動·····	87
1. 摩擦輪與種類·····	87
2. 速比與旋轉方向·····	87
3. 圓筒摩擦輪之接觸壓力、傳達馬力與輪寬度之計算·····	89
4. 有槽摩擦輪·····	91
5. 斜摩擦輪（圓錐摩擦輪）·····	91
第二節 各種摩擦輪·····	92
1. 愛文斯摩擦輪·····	92
2. 圓盤輪·····	93
習題·····	93

第五章 齒輪傳動裝置

第一節 齒輪種類與材料·····	95
1. 齒輪裝置·····	95
2. 齒輪之材料·····	98
第二節 齒輪之齒形與基礎理論·····	99
1. 齒所必須具備的實用性條件·····	99
2. 漸開線齒曲線·····	99
3. 擺線齒曲線·····	100
4. 齒輪各部名稱與齒之大小·····	100
第三節 正齒輪·····	104
1. 漸開線標準齒輪·····	104
2. 標準齒條與齒面之齒隙·····	104
3. 滑動比與接觸比·····	108
4. 齒之干涉與清角·····	108
5. 移位齒輪·····	110

6. 齒之抗彎強度與路易斯之公式	111
7. 面壓強度	117
8. 正齒輪之設計	119
第四節 螺旋齒輪	124
1. 關於螺旋齒輪	124
2. 螺旋齒輪之設計	126
第五節 斜齒輪	131
1. 斜齒輪之齒形	131
2. 斜齒輪之設計	132
第六節 螺輪與蝸輪	136
1. 螺輪	136
2. 蝸輪	136
習題	140

第六章 掛帶傳動裝置

第一節 扁皮帶傳動	143
1. 扁皮帶	143
2. 皮帶輪	146
3. 皮帶之掛法、長度、速比	147
4. 皮帶之傳動力	150
5. 錐形滑輪與塔輪	154
6. 皮帶輪之設計	159
第二節 三角皮帶傳動	161
1. 三角皮帶與環槽滑輪	162
2. 三角皮帶之傳動力及強度	162
第三節 繩索傳動	165

1. 繩索與繩滑輪·····	165
2. 繩索之計算·····	166
第四節 鏈傳動·····	168
1. 滾子鏈與鏈齒輪·····	169
2. 無聲鏈與鏈齒輪·····	173
3. 環形鏈與添加鏈·····	175
習題·····	176

第七章 彈簧及緩衝裝置

第一節 機器之振動及其防止·····	179
1. 機器之振動·····	179
2. 防止振動之方法·····	179
第二節 彈簧及各種緩衝裝置·····	180
1. 彈簧種類與用途·····	180
2. 彈簧之材料·····	181
3. 彈簧之設計·····	181
4. 緩衝裝置·····	188
習題·····	190

第八章 制動器與棘輪

第一節 塊狀制車·····	192
1. 單履制車·····	192
2. 複塊狀制車·····	195
3. 制車塊與制車容量·····	196
第二節 帶制車·····	198
第三節 棘輪·····	201

習題	202
----	-----

第九章 壓力容器、流體關係機件

第一節 壓力容器	204
1. 承受內壓的薄壁圓筒與蓋	204
2. 承受內壓的厚壁圓筒與蓋	206
第二節 管、管接合與密封	207
1. 管	209
2. 管接頭	212
3. 密封	213
第三節 閥與塞	215
1. 升閥	215
2. 蝶形閥與止回閥	216
3. 滑閥	217
4. 轉閥	218
5. 排洩閥	218
6. 其他形式的閥	219
7. 閥、旋塞之計算	219
8. 閥、旋塞之選擇與操作處理方法	220
第四節 閥與自動控制	221
習題	223

第十章 構造物

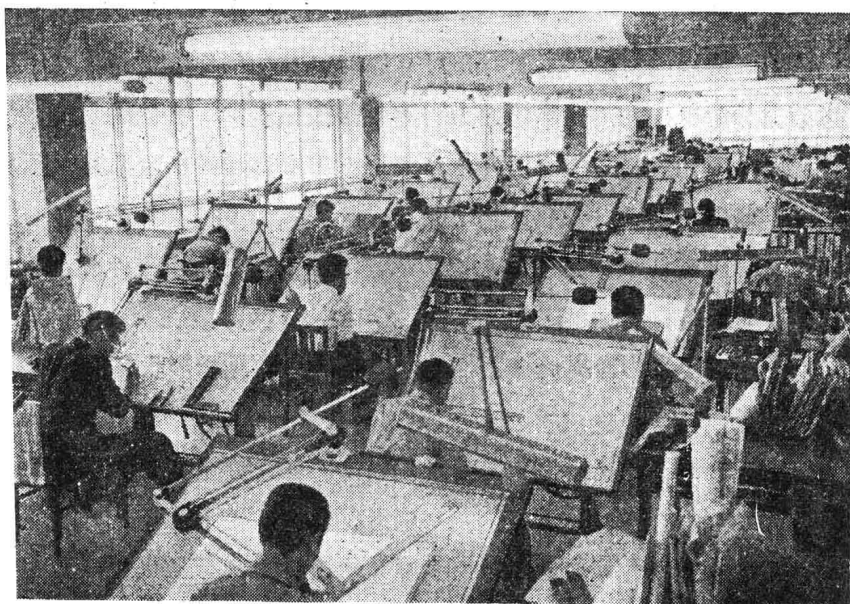
第一節 構造物及其材料	225
第二節 構造物強度之計算	226
1. 構件負荷及其性質	226

2. 應力之計算.....	227
習題.....	232
附錄 英漢名詞對照表.....	237~253

第一章 機械設計之基礎

第一節 機械設計之目的與要項

工業生產，尤其是機器或其零件之製作、改良與修補時，第一個非做不可的工作，是機械設計（Machine design）。關於機械設計之方法與手段等，由於設計者之技術知識、實驗經驗以及所蒐集的各種



1-1 圖 製圖室一瞥

參考資料各有不同，所以，有很大的不同，通常，在着手設計機械時，首先須立案選擇最適合於使用該機械必須具備之機構，並從任何有所可能的方面作週詳計畫，經做種種檢討之後，決定形狀、尺寸，然

2 機械設計

後才進一步考慮它必定是容易製造，而且，機能必須確實，同時，擬定材料種類、工作方法以及其他事項。以這個概念設計出來的機械的形狀、尺寸、工程、重量及其他，例如製作者必須掌握的事項，都要一一全部記載於圖面，使設計者之創案和計畫，最後全部都必需表現於圖面上，讓製作者從圖面上能夠瞭解設計者之意圖。

由此可知，機械設計是工業生產所需之基礎，可以說是一切機械工業領域的學問之綜合，並有密切關聯，所以從事機械設計時，須特別注意下列幾點要項。

① 機器各部份之相互關係運動，亦即機構必須合理而使用起來得心應手。

② 機器的材料、材質、尺寸、形狀及其他事項必須適當，而且必須充分耐受作用於各部份之力、磨耗與損傷俱少，富於耐久性。

③ 不用說是工作，即連操作處理、分解修理與結合都必須容易，並不麻煩。

④ 降低成本，必須設法使製品富於互換性（亦即零件符合所訂規格，俾能夠自由替換之謂）。

⑤ 除了致力於提高機器性能外，同時，須謀求形狀美觀色彩調和。

⑥ 機器之各種零件須盡量使用由中國國家標準（CNS）所定的規格。

⑦ 須符合以防止危害與預防職業病為目的之安全衛生對策。

機械設計所直接應用的是機構學、應用力學、材料力學、機械工作法、工業材料學等基本學問，但是此外還須充實經營經濟學和美術教養以及機械學全般的知識。因此，凡從事機械設計的人士，必須學會上述這些知識。

第二節 機械材料之選擇方法與強度之計算

1. 選擇機械材料之方法

選擇材料時，須注意下列事項。

- ① 須慎重斟酌材料的物理性質、機械性質。
- ② 必須選擇容易加工、容易工作的材料。
- ③ 選擇取之不盡而隨時可得的材料。
- ④ 選擇價格變動較少，廉價而能耐受長期保存之材料
- ⑤ 必須檢討是否向外面訂製比較有利。

2. 強度之計算

(1) 負荷、應力、應變與彈性係數

要設計機械時，第一個要務須計算材料強度與變形，然後以所計算的結果為基礎，決定尺寸、形狀。

從外部作用於機械之力，叫做外力（External force）或負荷（載重，Load）。根據有否變化及其狀態，可以把負荷區分如下。

(i) 靜負荷（Static load, Dead load）

靜負荷是不發生變化的負荷。

(ii) 動負荷（Dynamic load）

動負荷是會發生變化的負荷，根據其變化狀態，區分為下列三種。

- ① 覆變負荷（Repeated load）…反覆作用的負荷。
- ② 交變負荷（Alternated load）…方向在一定時間相反地發生作用的負荷。

③ 衝擊負荷（Impact load）…短時間內發生衝擊作用的負荷。

除了上述外，還有集中於一點的負荷，叫做集中負荷（Concentrated load），以及分佈得較寬大，亦即與集中負荷相反的不集中於一點的負荷，叫做分佈負荷（Distributed load），再根據力所施

加（所作用）之情形，可以區分為如 1-2 圖所示的，有作用於所拉方向的拉力負荷（Tensile load），與作用於壓縮方向的壓縮負荷（Compressive load），以及有剪斷似的作用的剪力負荷（Shearing load）。

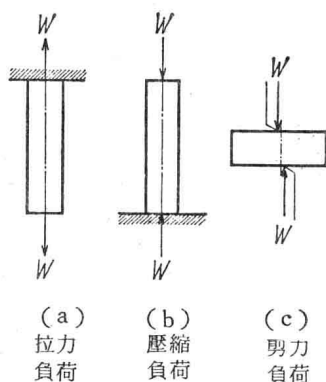
負荷落在物體，物體就隨應該負荷大小而發生變形，在物體內部產生大小相同而方向相反之力。現在，處於 1-3 圖狀態之下，設想一個任意的

截面 $A-A$ 時，有相反方向之力產生於該面。它是為抵抗該物體被截

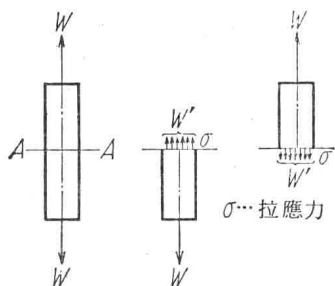
斷之力，而以此力大小除以截面積所得之（商）值，叫做單位應力（Unit stress）、應力強度（Intensity of stress），或應力（Stress）。還有，在整個截面發揮作用之應力，即稱為總應力（Total stress）。

以 1-3 圖的情形來說，該應力

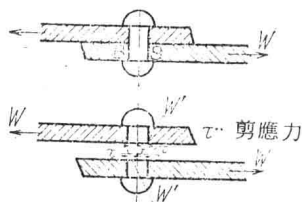
是負荷拉引此物體時所產生的應力，故稱此謂之拉應力（Tensile stress），而和拉應力相反的，負荷將物體壓縮時所產生的應力，就叫做壓縮應力（Compressive stress）了。如 1-4 圖所示，負荷 W 在截面 $B-B$ 產生會將物體剪斷那種作用時，即有一種在截面 $B-B$ 上



1-2 圖 負荷



1-3 圖 應力



1-4 圖 剪應力

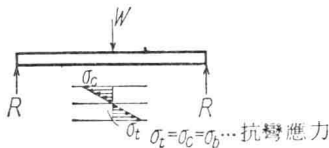
所產生的，會抵抗該作用的剪應力（Shearing stress）。

如上所述，可以將應力整理如下。

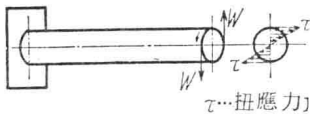
應力 $\left\{ \begin{array}{l} \text{正交應力 (Normal stress)} \left\{ \begin{array}{l} \text{拉應力} \\ \text{壓縮壓力} \end{array} \right. \\ \text{切線應力 (Tangential stress)} \cdots \text{剪應力} \end{array} \right.$

此外，如 1-5 圖所示，還有由於彎曲或扭轉而產生的抗彎應力（Bending stress）或扭應力（Torsional stress）。

如果有負荷作用於材料，該材料必會變形（Deformation）。也就是說，如 1-6 圖所示，如有拉力負荷在作用，該材料就會伸長，而

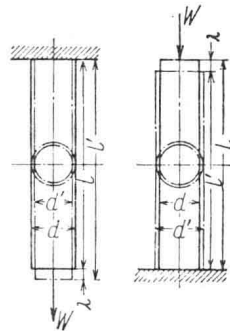


(a) 彎曲



(b) 扭轉

1-5 圖 抗彎應力與扭應力



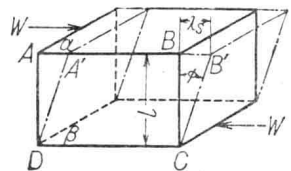
(a) 伸長 (b) 壓縮

1-6 圖 變形

所作用的如果是壓縮負荷，該材料就會縮小。

這種材料之變形量、變化量與原來長度或原來直徑二者之比，稱為應變（Strain），前者叫做縱向應變（Longitudinal strain）；後者即叫做橫向應變（Lateral strain）。

剪負荷如果依 1-7 圖所示，作用於上下二面 α 與 β 時，面 α 對面 β ，從 $A'B$ 偏



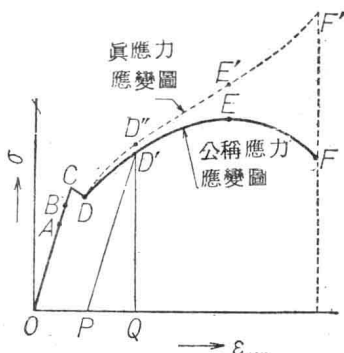
1-7 圖 剪應變

至 $A'B'$ 時，這種應變，叫做剪應變（Shearing strain）。

換句話說，剪應變是該偏差與剪負荷所作用的二面間的距離之比。

試加負荷於材料，應變與應力都會隨負荷之漸大而大，終於破壞。就軟鋼進行拉伸試驗（Tensile test）時，依照 1-8 圖表示該應力與應變所處關係之圖，叫做應力應變圖（Stress-strain diagram）。

這裡是將負荷與原來的截面積之比，叫做應力的。此圖的第一個部份，亦即應力與應變二者之值較小的時候，應力 σ 與應變 ϵ 就成比例的增加，亦即，可以以直線表示二者之關係。應力達到某值以上，應變之增加就大於應力之增加，二者就不成比例了。這時候成為比例之最高限的應力，稱為比例限界（Proportional limit，1-8 圖之 A 點。）



1-8 圖 應力應變圖

材料有加負荷時即使發生應變，如果撤掉此負荷，就會恢復原來形狀之性質。此性質稱為彈性（Elasticity）。可是，施大負荷於材料時，即使撤掉該負荷，材料依然不會恢復原來形狀，而是呈變形的狀態。這種材料的性質，叫做塑性（Plasticity），而這時候的彈性之最高限的應力，叫做彈性限界（Elastic limit，1-8 圖之 B 點）。

視材料之性質如何，比例限界與彈性限界有時候會相反。但是，鑄鐵、銅等金屬，並沒有比例限界。

再把負荷加得更大，應變變成 1-8 圖之 $\overline{OQ}$ 時，若將之解除，即以變形之狀態，僅 $\overline{OP}$ 尚剩下應變。此應變稱為殘留應變（Residual strain），或稱永久應變。圖上， $\overline{OA}$ 與 $\overline{PD'}$ 約略成互相平行的直線。與此相反，只有加負荷時才發生的應變，叫做彈性應變（Elastic strain）。若將負荷加得更大，應變就在某點急劇增加。此點稱為降

伏點（或稱屈服點，Yield point）。如軟鋼等，應力却隨應變之急劇增加，相反地減少。這時候的應力減少前之最大應力點，稱為上升伏點（1-8圖之C點），而減少後的最小應力點即叫做下降伏點（1-8圖之D點）。

上升伏點通常稱為商業的彈性限界，例如型錄、營業報告所記載的，就是此應力之值。

更加負荷超過降伏點，阻力就由於材料之塑性變形而變大，應力與應變也就增加了。然而所增加的比率減少，終於如1-8圖所示那樣的呈水平。成為那時候的最大應力之點，稱為最大應力點（Maximum strain point，1-8圖之E點）。於是材料的一部即產生局部性的截面縮小，材料伸長，應力即急劇降低，終於裂斷。此點謂之裂斷點（Breaking point，1-8圖之F點）。在裂斷點，材料截面會縮小，而以縮小前之截面積除以負荷所得之商，叫做公稱應力（Nominal stress），而表示此應力與應變二者所處關係之圖，叫做公稱應力應變圖（Nominal stress-strain diagram，1-8圖之DD'EF）。以負荷除以正在縮小的真的截面積所得之商，叫做實際應力，表示實際應力與應變二者所處關係之圖，稱為實際應力應變圖（Actual stress-strain diagram，1-8圖之DD"E'F'）。

在彈性限界內，正交應力 σ （ kg/cm^2 ）與應變 ϵ 是成比例的。稱此謂之虎克定律（Hooke's law），而此比之值（E）叫做縱向彈性模數（Modulus of longitudinal elasticity）或楊氏模數（Young's modulus）。以下式表示E。

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (1.1)$$

在彈性限界內，剪應力 τ 和剪應變 γ 是成正比例的。使用G表示此比之值，而此G叫做橫向彈性模數（Modulus of transverse el-