

機械概論

謝爾昌著

科學技術叢書 / 三民書局印行



機 械 概 論

謝 爾 昌 著

學歷：臺灣省立工學院畢業

經歷：成大機械工程學系教授

三 民 書 局 印 行

軍事部



中華民國三十八年二月

軍事部第一三三號

發行發給執照

茲據 三民書局 呈送 軍事部 編
 定於 三民書局 之 冊總本部密
 限至 年自 起 年 月 日止
 日起 至 年 月 日止 日止

右給 三民書局 收執

號〇〇二〇第字業版局證記登局聞新院政行

字著內臺照執權作著

◎ 機 械 概 論

基本定價 肆 元

著 者 謝 爾 昌

發 行 人 劉 振 強

出 版 者 三民書局股份有限公司

印 刷 所 三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號

郵撥：〇〇〇九九八十五號

中華民國六十八年二月初版

中華民國七十四年十月再版

編 輯 大 意

- 一、本書係遵照教育部民國六十五年六月公布之五年制工業專科學校暫行課程標準，化學工程科機械概論教材大綱及編輯要點編寫而成，適合五年制工業專科學校化學工程科第三學年下學期機械概論課程教學的需要。
- 二、本書係參考最近中日英文多種名著及編者執教經驗編著而成。
- 三、本書所用之專門名詞以民國五十一年十一月教育部公布之機械工程名詞（增訂本）為準。
- 四、「機械」一詞所包括的範圍頗為廣泛，因此僅數百頁篇幅之書內講解其全般甚為困難，其中不免有掛一漏萬之處，祈先進不吝指正。
- 五、本書每一專門名詞於初次出現時附以英文原文。篇末並附有中英名詞對照表，以利查閱。（表中右端所附之數字即為該名詞初次出現之章節）

機械概論 目次

第一章 緒 論

1-1	機械之定義·····	1
1-2	機械的製造·····	1
1-3	機械量之單位·····	2

第二章 工程材料及材料試驗

2-1	工程材料·····	5
2-2	金屬材料之處理·····	10
2-3	材料試驗法·····	13

第三章 機 件

3-1	螺旋·····	23
3-2	鍵、栓、銷·····	25
3-3	鉚釘與鉚釘接合·····	27
3-4	彈簧·····	29
3-5	管及閥·····	30

第四章 傳動裝置

4-1	連桿裝置·····	35
4-2	傳動軸·····	36
4-3	聯結器、離合器及軸承·····	38

4-4	摩擦輪及齒輪·····	41
4-5	齒輪裝置·····	45
4-6	撓性傳動·····	47
4-7	凸輪裝置·····	52

第五章 流體機械及化工機械簡介

5-1	液體的壓力以及壓力的測定·····	55
5-2	流量的測定·····	60
5-3	管路中的流體的流動·····	66
5-4	水輪機·····	75
5-5	泵·····	84
5-6	鼓風機及壓縮機·····	91
5-7	流體聯結器及扭矩變速器·····	97
5-8	混合裝置·····	100
5-9	熱交換器·····	109
5-10	蒸發裝置·····	114
5-11	蒸餾裝置·····	118
5-12	氣體吸收裝置·····	122
5-13	溶提與萃取器·····	127
5-14	濕度及空氣調節·····	132
5-15	乾燥裝置·····	134
5-16	結晶器·····	140
5-17	過濾器·····	142
5-18	機械離析器·····	146
5-19	壓碎與研磨·····	149

5-20	固體之輸送.....	153
------	------------	-----

第六章 蒸汽原動機

6-1	循環與熱效率.....	161
6-2	汽鍋.....	170
6-3	往復式蒸汽機.....	184
6-4	汽輪機.....	192

第七章 內燃式發動機

7-1	內燃式發動機的種類.....	209
7-2	火花點火式內燃機.....	214
7-3	壓縮點火式內燃機.....	224
7-4	燃氣輪機及噴射發動機.....	235

第八章 機械製造

8-1	鑄造.....	243
8-2	塑性加工.....	246
8-3	鉗工與測定法.....	250
8-4	車床.....	260
8-5	鑽床與鑽.....	266
8-6	搪床.....	268
8-7	龍門刨床, 牛頭刨床, 豎刨床.....	270
8-8	銑床與銑刀.....	273
8-9	磨床.....	277
8-10	其他的加工法與工具機.....	281

4 機 械 概 論

8-11 熔接，硬焊與軟焊.....	284
8-12 冷作.....	289
8-13 製品檢驗.....	296

附 錄 中 英 名 詞 對 照 表

第一章 緒 論

1-1 機械(machine)之定義

機械是兩個或兩個以上的機件 (machine parts) 組成的集合體，並將它們作成可以發生相對運動的所謂可動性的結合，而其中一個機件接受來自外界的能量或運動時，使其他機件發生一定之拘束運動 (constrained motion)，並能產生一定之效果或工作 (effect or work)。按照上述的定義人體可以說是一種機械，而且是最萬能的機械。如果詳細考慮時，有很多機械之發明往往可以認為從人體得到啓示而發明成功的，所不同者各種機械較之人體顯然簡化不少，另一方面人體之功率較之於各種機械則甚為微小而關節運動的範圍也非常狹小。（譬如人體的關節不能像轉軸在軸承中無窮止地向同一方向轉動）。

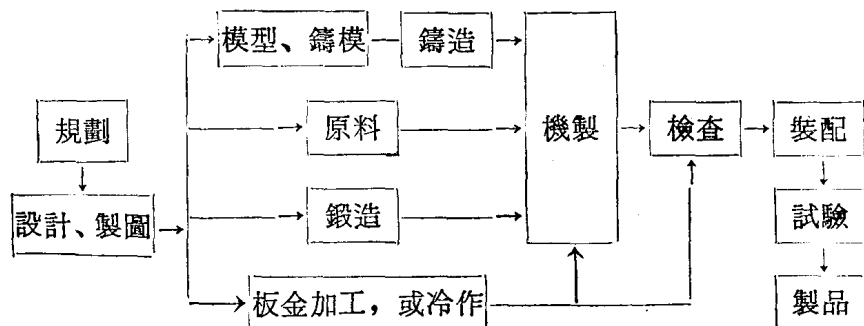
1-2 機械的製造

機械不同於房屋等靜止物，它要做激烈運動而由於運動中所遭遇的速度、加速度、衝擊的關係，石頭或混凝土等並不適合於機件的製造，構成機械的材料以性質強韌的金屬為主。因此機械工業可以視之為金屬加工業。製作機械時必需先選擇最適合於該機械的目的的構造，其次再考慮強度，工作之難易，經濟等因素決定各機件的材料及尺寸，繪設計圖。若某一機件是鑄件，應先製作模型 (pattern)，使用

2 機械概論

模型製作鑄模 (mold) 繼之澆注熔解金屬 (molten metal) 於鑄模之中即可得鑄件。若從強度的觀點，鑄件被認為不合適時，可以鋼為材料，利用鍛造 (forging) 的方法加工成為所需之形狀。上述鑄件鍛件或鋼板、鋼條等均送往機器工廠 (machine shop) 利用工具機 (machine tools) 加工成為設計圖所定之尺寸以後裝配成為製品，製造汽鍋、油槽（或水槽）時則以金屬板、金屬棒管等材料而鍛工以及熔接等工作並用。

製造機械的方法雖不一而定，而加工方法也日新月異，大約可以表示如下：



1-3 機械量之單位

不僅機械工程方面如此，凡工程界通常大多使用重力單位 (gravitational unit) 而很少使用絕對單位 (absolute unit)。又我國雖採用公制 (metric system) 為原則，但實際上仍混用呎磅制 (foot-pound system) 亦即所謂英制。絕對單位之基礎是長度、質量、時間而重力單位則以長度、重量（力）及時間三者為基礎，公制重力單位之長度是公尺 (m)，重量是公斤 (kg)，時間是秒 (sec)，重力單位之 1kg 是作用於質量 1kg 的物體的地心引力，因此換算成為絕對單位就相當於

g newton。內 g 為重力加速度就是 9.807m/sec^2 (每秒每秒 9.807 公尺)。

功的單位在絕對單位裏面是 Joule, 但工程方面通常使用 kg-m 。
1 Joule 即為 1 newton-m, 因此 1 kg-m 為 g Joule。工程方面之
功率單位雖大多使用 kg-m/sec 或馬力(horsepower)有時也採用 KW
為單位。1KW 是 1000 Joule/sec, 因此
1 kg-m/sec 相當於 0.00981KW。

英制的 1 馬力是 550ft-lb/sec 的功率, 因此相當於 0.746KW 而
公制的 1 馬力是 75kg-m/sec 的功率而相當於 0.736KW。長度、力、
功率諸單位間之換算表如下表:

長度之換算表

公 尺 (m)	英 吋(inch)	英 尺 (ft)
1	39.37	3.281
0.0254	1	0.08333
0.3048	12	1

力之換算表

newton	kg	lb
1	0.1020	0.2248
9.807	1	2.205
4.448	0.4536	1

功 率 之 換 算 表

公制馬力	英制馬力	KW	kg-m/sec	ft-lb/sec
1	0.986	0.736	75	543
1.014	1	0.746	76.1	550
1.360	1.341	1	102	738
0.01333	0.01315	0.00981	1	7.233
0.001843	0.001817	0.001356	0.1383	1

習 題

- 1-1 何謂機械？
- 1-2 廚房裏的切菜刀是不是機械？(請同時說明為什麼是或為什麼不是)。
- 1-3 有一泵，在 10 分鐘內從 30m 深的井中，汲上 3000kg 的水來。求泵的 (公制)馬力。
- 1-4 一個 300 (英制)馬力的引擎拉一火車以 60 哩/小時的速率前行。求火車前進所克服的阻力。

第二章 工程材料及材料試驗

2-1 工程材料

當我們要設計一部機械時各機械應該採用何種材料製造？這個問題是根據材料的強度、耐久性、加工的難易以及經濟性等因素來決定的。而且凡與高溫接觸的部分或有腐蝕的可能性的部分，非分別選用耐熱性或耐蝕性的材料不可。

使用於機械的材料可分為金屬材料 (metal) 與非金屬材料 (non-metal) 等兩大類。而金屬材料中以鋼 (steel) 及鑄鐵 (cast iron) 比較能夠滿足上述的條件之故，機械裏面使用量最多。很顯著地有腐蝕的可能的部分，通常使用含有大量鉻、鎳的不銹鋼 (stainless steel)。另一方面凡受高熱的部分往往使用以鈷或鎳為基本成分的耐熱合金。其他金屬材料還有黃銅 (brass)、青銅 (bronze)、砲銅 (gun metal) 等銅合金及白合金 (white metal) 是用於特殊的目的。這些銅合金因為很能耐磨、耐蝕之故，閥 (valve)、旋塞 (cock)，齒輪、活塞、螺旋槳等採用銅合金為材料者頗多。又青銅、砲銅以及白合金等，因為耐磨性很高，所以作為軸承用合金使用。

一種材料如能強度既高，比重又小，應該是相當理想的航空器材。目前這一方面應用最廣的是鋁系及鎂系的輕合金 (light alloys)。又近幾十年以來隨着燃氣輪機 (gas turbine)、噴射發動機 (jet engine)、火箭發動機 (rocket engine) 的急速發展，對於高度耐熱性的材料的需要頗為迫切。目前由於以往的耐熱合金已無法滿足這一方面的要求，

如輪機的輪葉等開始使用把粉末狀的陶瓷物質與金屬粉末燒結而成的複合物。

非金屬材料之中，最近漸見廣用於機件的材料是塑膠(plastics)。塑膠的特性是富於耐蝕性，重量輕，並且強度也相當大，與金屬比較時切削、輪磨等加工較易，甚至也能鍛造。最近塑膠的使用範圍已擴大到螺栓、螺帽、螺旋彈簧、凸輪軸承、齒輪等需要相當高的強度的機件。

(a) 鋼

鋼可以分為碳鋼(carbon steel)以及特殊鋼(special steel)等兩大類。碳鋼除了錳、矽、磷、硫等雜質以外還含有微量的氧氫氮等氣體。因為碳鋼的機械性質大致可以根據含碳量的多寡來決定，所以隨使用目的的不同應該選用含有適量碳成分的鋼。

0.15~0.25%C 的碳鋼，雖然抗拉強度不大，但是切削加工容易。這種成分的碳鋼經冷拉(cold drawing)造成鋼條以後適合於螺栓、螺帽等機件的大量生產。

0.25~0.45%C 的碳鋼，不僅切削加工比較容易，而且強度高，富於韌性，所以廣用於輪軸、齒輪等各種機件。

0.45~0.60%C 的碳鋼大多應用於強度或耐磨性方面的要求高於韌性方面的要求的機件，如鋼軌等。

0.6%C 以上的高碳鋼是經熱處理以後使用於彈簧、車輪的輪箍等特別需要高度的彈性與耐磨性的機件。

雖然碳鋼的機械性質隨含碳量之不同而有顯著的差別，彈性模數(modulus of elasticity)，剛性模數(modulus of rigidity)是不因含碳量而有明顯的變化的，碳鋼的彈性模數是 $20 \sim 22 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ，剛性模數是 $8.1 \sim 8.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 。碳鋼的抗拉強度(tensile strength)係隨含碳量的增加而加大，而大約是 $30 \sim 80 \text{ kg/mm}^2$ 。又抗拉強度愈大，

屈服點也愈大。另一方面抗拉強度愈大，伸長量愈小。

鋼裏面，如果除了碳以外再添加微量的鎳、鉻、錳、鎢、矽等成分時可以顯著改變其機械性質。這種鋼雖總稱之為特殊鋼，又隨其使用目的的不同而有各種不同的名稱。

鎳的效應雖不如錳來得顯著，也是可以增高鋼的抗拉強度以及硬度而不致於減低其韌性。因為經過熱處理以後的鎳鋼的機械性質優於碳鋼，所以鎳鋼被用於大型的軸類以及船舶用材料等。

因為鉻有增高鋼的硬度、耐磨性、耐熱性、耐蝕性等效應，大多結構用鋼均添加3%以下的鉻。鉻鋼使用於小型軸類、汽車用機件等。鉻之成分高達11.5%以上的鋼不僅在大氣中不生銹而且與醋酸、硝酸、果汁、乳製品、鹼類等接觸時也不受侵蝕，這一類的鋼就是所謂的不銹鋼。其中尤其值得一提的是鉻成分有17%以上，或含有18%鉻，8%鎳的不銹鋼在高溫下亦不致於生銹所以使用於輪機的輪葉等。

因為錳有增高鋼的韌性、耐磨性的效應，所以高錳鋼被用於曲線鋼軌等需要耐磨性的機件。鎢、鈷、鉬、釩等元素均有增高鋼的耐磨性的效應。含有適量此等元素的合金鋼，可經熱處理而發生顯著的硬化，並且在高溫之下其硬度不致於降低之故，用這種材料製成的刀具能適應於高速切削工作。這種特殊鋼叫做高速鋼(high speed steel)。

氮化鋼(nitriding steel)是含有鋁、鉻等成分的特殊鋼，把它放入於氨中加熱至 $500^{\circ}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 時表面產生氮化皮膜而硬化，並且顯著增加其耐熱性耐磨性。氮化鋼是用於刀具、限規等需要耐磨性的機件的鋼。

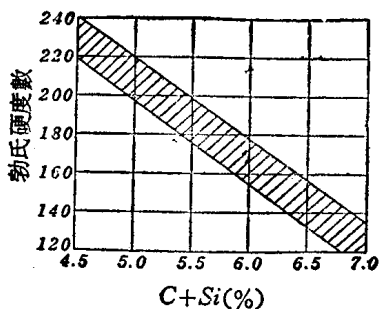
燒結合金(sintered alloy)是把碳化鎢、碳化鈦等硬度很高的碳化物的粉末與小量的鈷、鎳等具有黏結作用的金屬粉末混合放入於模裏面經壓縮成形後高溫之下燒結而成。如果把這種合金用軟焊(soldering)法焊到鋼質工具的刀鋒部分使用，不僅耐磨性顯著增高，又可以防止

鋒刃的硬度因高溫而降低。這樣的刀具較之於高速鋼更能在高速度下的切削耐用，不僅切削精度增高，加工面的精度也較優。

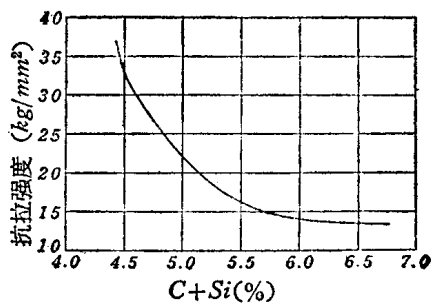
(b) 鑄鐵

通常叫做鑄鐵的是包含 C 2.0~4.5%, Si 3%, Mn 1.5%, P 1%, S 0.15% 等成分，其他如果再配合 Ni, Cr, Cu 等成分的是特殊鑄鐵。不僅是鑄鐵應該如此，凡鑄造用的材料必須是一經熔解時流動性良好，而凝固時的收縮量不過大者。

鑄鐵的機械性質雖然隨着 C 及 Si 的含量而受到顯著的影響，彈性模數是 $8 \sim 19 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ，抗拉強度是 $10 \sim 30 \text{ kg/mm}^2$ ，彈性限界是抗拉強度的大約 1/3，抗壓強度是抗拉強度的 3~4 倍。第 2-1 圖所示的是勃氏硬度數 (Brinell hardness number) 與 (C+Si) 含量之間的關係的大要。第 2-2 圖所示的是抗拉強度與 (C+Si) 含量之間的關係的大要。



第 2-1 圖



第 2-2 圖

抗拉強度 25 kg/mm^2 以上的鑄鐵叫做高級鑄鐵。高級鑄鐵不僅強度高，也富於耐磨性，所以使用於內燃機壓縮機的氣缸、工具機的主軸台等。

(c) 輕合金

最廣用於飛機等交通機械的材料是，比重既小強度又高的金屬，就是輕合金。鋁合金的機械性質雖因所含有的金屬的種類、熱處理、

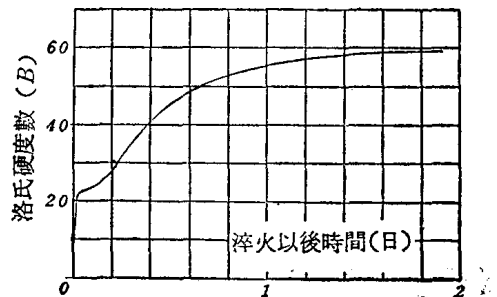
常溫加工等而異，大致是如下表所示。

鋁合金經加熱淬火以後在適當溫度之下放置時發生硬度強度增高，韌性增大的現象。這個現象叫做時效硬化(age hardening)。第2-3圖所示的是杜拉鋁在淬火以後的時效硬化的情形。

鋁合金的機械性質

名稱 (所含有的成份%)	比重	抗拉強度 kg/mm ²	伸長量	勃氏 硬度數	摘 要
杜拉鋁(duralmin) (Cu4, Mn0.5, Mg 0.5)	2.80	20~25	14~20	45~55	加熱至 350°C 後在爐中 冷卻
		35~44	15~20	85~110	由 500°C 淬火於水中
		12~22	0.5~1.0	80~85	在金屬模中鑄造
Y 合金(Y-metal) (Cu4, Ni2, Mg1.5)	2.80	27~31	0.8~2.0	105~110	500°C~520°C, 加熱 6 小時放置 50 天
		30	0.3	130~138	150°C~250°C, 加熱 12 小時後放置
矽鋁明合金(silumin) (Si 11~13.5)	2.62	17~20	4~8	50~60	砂模中鑄造
	2.65	20~28	1~3	70~90	加壓鑄造
超級杜拉鋁 (superduralmin) (Cu4, Mg1.5, Mn0.7 Si0.2, Fe0.3)	2.78	45.5	20	105	由 500°C 冷卻於水中

鍛造用鎂合金因為常溫加工性不佳容易發生龜裂，必須在 300~400°C 的溫度範圍內施以高溫加工。但是它的抗拉強度、硬度、抗衝擊的性能都是相當高。對於強度方面的要求特別大的機件，應使用 electron, AZ855 (Al8%, Zn0.5%,



第 2-3 圖