

材料力学

丘 侃 編 著
梁 治 明 校 訂

上海科学技术出版社

專 科 學 校 用 書

材 料 力 學

丘 侃 編 著
梁 治 明 校 訂

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書系著者根據多年在太學講授材料力學的經驗，再吸取了蘇聯教材的精華，並根據我國四年制專科學校應用而編寫，全書共分十二章，內容完備且極精簡扼要。

書中關於定理及公式均經詳細分析，俾學者可以充分了解各項理論，並確知各項理論所依據的假設。凡推演所得的結論，如何適用於實踐設計工作，以及應用的範圍與限制亦均予以討論。

書末附有蘇聯標準規格的角鋼、工字鋼、槽鋼性質表，俾學者學習時可以取用，並可初步認識蘇聯的鋼件規格。

材 料 力 學

丘 倪 編著

梁 治 明 校訂

*

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售

上海市印刷六廠印刷

*

開本 787×1092 1/32 印張 9 12/32 字數 160,000

(原中科、科技叢刊第 12 02) 冊 1953 年 4 月第 1 版)

1959 年 3 月第 1 版 1960 年 2 月第 3 次印刷

印數 6,001—9,000

統一書號：15119 · 109

定 價：(十四) 1.10 元

初 版 序 言

在工程技術上，常存在着許多矛盾，解決這些矛盾，往往要用到外力與應力應變之間的關係，須要掌握住一定的規律，才能以分析各構件的強度及剛度。因此，材料力學在工業學校裏是一門重要的基本課程，它是從事專業學習的基礎。

蘇聯的科學家最反對理論與實際脫節。比如著名的 H.M. 別邊也夫教授在他所著的材料力學中就強調地指出不允許把這門科學看作單純的理論計算，材料力學所研究的問題祇有當有了真實材料之機械性質的實驗研究結果之後才能解決，這就是說理論是要與實際互相緊密地結合起來的。

相反地，目前也許有人以為在我國進入大規模經濟建設高潮的期間，為了迅速地培養出大批技術幹部來配合生產建設，不妨降低理論水平，重點地具體地介紹一些解決工業生產上各種問題的方法和步驟，介紹一些公式的用法就行了，不必多談理論，以求節省時間；這種狹意的實用主義是不正確的。在蘇聯的工業學校裏，他們的教學方針是要培養出具有獨立思考解決實際問題的技術幹部，對於理論基礎是很重視的；我們學習蘇聯的先進經驗，應該體會這個精神。

本書是為高等工業學校中的兩年制專科而編寫的，由於專科

課程的編排較為緊湊等等原因，所以在教材方面須要把較高深繁複的問題酌加精簡。但是爲了打好學生的理論基礎，訓練獨立思考的能力，本書對於定理及公式的來源，都詳細地加以分析，並指出各種理論分析所根據的假設，使學生知道一些研究和分析問題的方法及步驟，並注意到所得結論應用到生產實踐上的範圍和限制。

在每一重要定理或公式詳細地介紹了以後，隨着就舉出例題，讓學生能把這些理論與生產上的實際問題結合起來，隨後緊接着就列了一些習題，給學生自己思考。編者以爲書上的例題並不一定全在課室裏講解，而是由教員講解其中一部分，另一部分留給學生自己閱讀，讓學生把課文與例題結合起來閱讀；至於習題的編排，編者的意思是稍稍多列幾個，以便教師就各班級實際情況來斟酌選擇，其餘未經選定的習題可充複習溫課時之用。

本書大致是就每週四小時講授一學期來編寫的，雖爲專科所寫，但也可作爲對這門課要求不高學時較少的各專業的教本，如講授時間較少，可酌加精簡如下：

機械類專科或專業可略去 §3-3, §3-5, §7-8, §8-4 (或 §8-5), §8-6 及第九章；

非機械類專科或專業可略去 §2-7, §3-2, §5-3, §5-4, §8-4 (或 §8-5), §8-6, §11-4, §11-5 及第九章；

對於講授時間很少或理論力學與材料力學合併一學期講完每週講授共約五小時左右的班級，除照上面所述精簡外，

可再刪減 §2-6, §4-4, §4-6, §4-8, §10-3, §10-4, §10-6.

以上祇是提出一點意見,以供參考,這樣精簡是否適當,尙有待各方的研究和商榷。

本書是在百忙中抽出課後的時間來編寫的,在編寫的過程中,常因忙碌而中輟,承張書農、徐百川兩先生及力學教研組唐念慈先生與其他同志們,慨借或介紹參考書籍,給以不少的鼓勵和幫助,尤其是承梁治明先生熱心地詳細校閱,給以很多寶貴的意見和指正;編者謹向以上各位先生表示深切的謝意。

本書在紛忙中寫成,倉卒付印,加以編者學力和經驗都很淺薄,書中定多錯誤,疏忽及不妥之處,希望教師們和同學們多多提出寶貴的意見和指正。

本書在編寫中所參考的書籍中,較主要的如下:

Н.М. Беляев: Сопротивление Материалов, 1950.

Н.М. Беляев: Сборник Задач по Сопротивлению Материалов, 1951.

Н.И. Иванов; Элементарный Учебник Сопротивления Материалов, 1948.

А.Н. Динника: Справочник по Технической Механике, 1949.

S. Timoshenko & G.H. MacCullough: Elements of Strength of Materials, 1949.

P.G. Laurson & W.J. Cox: Mechanics of Materials,

1946.

- F.B. Seely: Resistance of Materials, 1949.

J. Marin: Strength of Materials, 1949.

丘 侃於南京工學院。

一九五三年三月

三 版 序 言

爲了讀者的方便，本書在第三版中增加了“符號說明表”，列於書首。

上學期南京工學院曾採用本書爲教本之一，經梁治明，郭會邦，夏彥儒，常法嶽，陸耀洪，桑正中，錢紹武諸先生指正多處；由於教學上的需要，以上諸先生曾集體編寫了習題解答。現在特在第三版中增加“習題答案”，列於書末，以供讀者參考；並把書中錯字加以改正，且作了一些修改。編者謹向以上諸先生致謝。

本書內容對於講授時間較少的班級，須酌加精簡。編者在初版序言中已提供了一些有關精簡的意見，此外如 § 8-3, § 8-4, § 8-5, 等節中的 A, B, C, D, E 各段及 § 10-2, § 10-3, § 10-4, § 10-5 等節，似可當作例題來處理，講解其中一部分，酌量略去一些留給學生自己閱讀；這樣是否適當，尙望各方多多提出寶貴的意見。

丘 侃於南京工學院。

一九五三年九月

符 號 說 明 表

α	角度,線膨脹係數.		軸的剪應力.
γ	剪應變,單位體積的重量.	τ_b	彎曲時的剪應力.
δ	總伸長,總縮短.	$[\tau]$	容許剪應力.
ϵ	拉應變,壓應變.	ϕ	角度,扭角,折減係數.
θ	角度,偏轉角.	ω	角速度.
λ	長細比.	A	功.
μ	包森比.	a	長度.
ρ	半徑,距離.	b	寬度.
σ_x	x 平面上的正應力.	C	總壓力.
σ_t	拉應力.	c	自梁的中性軸至最外纖維的距離.
σ_c	壓應力.		
σ_b	彎應力.	D, d	直徑.
σ_P	比例極限.	E	彈性模數.
σ_T	屈服點.	e	偏心距.
σ_B	極限強度.	F	面積.
σ_k	臨界應力.	F_N	淨面積.
$[\sigma]$	容許正應力.	F_G	總面積.
τ_{xy}	作用於 x 平面而平行於 y	f	撓度.

G	剪彈性模數。	r	半徑。
h	高度。	S	面積的一次矩(即靜矩)。
i	迴轉半徑。	T	總拉力。
J_x	對於 x 軸的慣矩。	t	厚度, 溫度。
J_y	極慣矩。	U	應變能。
J_k	抗扭慣矩。	V	體積。
k	安全因數。	W	截面模數。
l	長度, 跨度。	W_x, W_k	抗扭截面模數。
M	彎矩。	X, Y, Z	沿 x, y, z 軸方向的力。
M_f	共軛梁的彎矩。	x_0, y_0, z_0	形心座標。
M_k	扭矩。	max	極大。
N	總應力, 功率(馬力)。	min	極小。
n	轉速(轉/分)。	m	公尺。
P	力, 集中荷重。	cm	公分。
P_k	臨界荷重。	mm	公厘。
p	單位面積上的力, 合應力。	cm^2	平方公分。
Q	剪力, 力, 重量。	kg	公斤。
Q_f	共軛梁的剪力。	t	公噸。
q	單位長度上的荷重。	$kg \cdot cm$	公斤公分。
q_f	共軛梁單位長度上的荷重。	kg/cm^2	公斤/平方公分。
R	反力, 半徑。		

目 錄

第一章 緒論.....1—5

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1-1 材料力學的范围與任務..... 1 | 1-3 内力, 變形..... 5 |
| 1-2 荷重..... 4 | |

第二章 拉伸與壓縮..... 6—30

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 2-1 單向拉伸或壓縮的應力..... 6 | 2-5 安全因數, 容許應力..... 16 |
| 2-2 彈性, 應變..... 8 | 2-6 拉伸或壓縮的超靜定問題..... 20 |
| 2-3 應力與應變間的關係(虎克定律)..... 9 | 2-7 熱應力..... 25 |
| 2-4 應力應變圖..... 13 | 2-8 薄壁圓筒及球殼內的應力..... 27 |

第三章 剪切, 鉚接及銲接..... 31—49

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 3-1 剪應力..... 31 | 3-4 銲接..... 43 |
| 3-2 受壓容器的鉚接..... 34 | 3-5 木料的接榫..... 47 |
| 3-3 結構工程中的鉚接..... 38 | |

第四章 應力與應變的分析..... 50—76

- | | |
|--|---------------------------------|
| 4-1 單向拉或壓的作用下任意傾斜截面上的應力, 正應力及剪應力..... 50 | 的應力圖..... 57 |
| 4-2 兩垂直方向拉或壓的作用下
的組合應力..... 53 | 4-5 平面應力的一般情況..... 62 |
| 4-3 互相垂直兩平面上剪應力的
關係..... 56 | 4-6 平面應力一般情況的應力圖..... 65 |
| 4-4 兩垂直方向有拉或壓作用時 | 4-7 單向拉力作用下應變的分析..... 70 |
| | 4-8 兩垂直方向有拉或壓作用時
的應變..... 72 |
| | 4-9 純剪, 剪應變..... 73 |

第五章 扭轉.....77—90

- | | |
|------------------|----------------------|
| 5-1 扭矩.....77 | 5-3 空心圓軸的扭轉.....87 |
| 5-2 圓軸的扭轉.....79 | 5-4 非圓形截面軸的扭轉.....88 |

第六章 梁, 剪力及彎矩.....91—114

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| 6-1 梁的定義及種類.....91 | 彎矩圖.....97 |
| 6-2 剪力及彎矩.....94 | 6-4 荷重, 剪力及彎矩間的關係.....104 |
| 6-3 剪力及彎矩方程式 剪力及 | |

第七章 梁內應力.....115—140

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 7-1 前言.....115 | 7-5 梁內的剪應力.....130 |
| 7-2 梁內的正應力.....115 | 7-6 梁內剪應力的計算.....131 |
| 7-3 中性軸的位置.....119 | 7-7 矩形梁內剪應力的分佈.....133 |
| 7-4 梁的經濟橫截面.....120 | 7-8 工字梁內剪應力的分佈.....136 |

第八章 梁的撓度.....141—181

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 8-1 前言.....141 | 8-4 用面積法求撓度.....153 |
| 8-2 彈性曲線的方程式.....143 | 8-5 用共軛梁法求撓度.....164 |
| 8-3 用二次積分法求撓度.....144 | 8-6 剪力所生的撓度.....176 |

第九章 應變能.....182—196

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 9-1 彈性應變能.....182 | 變能.....185 |
| 9-2 拉伸或壓縮作用下的彈性應變能.....182 | 9-4 彎曲作用下的彈性應變能.....186 |
| 9-3 剪切及扭轉作用下的彈性應變能.....182 | 9-5 卡氏定理.....190 |

第十章 超靜定梁.....197—221

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 10-1 前言.....197 | 10-3 一端固定一端簡單支承梁, 滿載均佈荷重.....203 |
| 10-2 一端固定一端簡單支承梁, 載單一集中荷重.....198 | 10-4 兩端固定梁, 載單一集中 |

荷重..... 205	重..... 208
10-5 兩端固定梁, 滿載均佈荷	10-6 連續梁 三矩定理..... 210
第十一章 組合荷重..... 222—239	
11-1 前言..... 222	11-4 扭轉與軸向拉伸或壓縮的組合..... 231
11-2 軸向拉伸或壓縮與彎曲的組合..... 222	11-5 圓軸中扭轉與彎曲的組合..... 233
11-3 短柱的偏心荷重..... 225	
第十二章 柱..... 240—261	
12-1 前言..... 240	的限制..... 243
12-2 歐拉理論..... 241	12-5 設計受壓構件的基本理論..... 251
12-3 各種末端情況的柱的歐拉公式..... 246	12-6 設計受壓構件的經驗公式..... 253
12-4 臨界應力, 歐拉公式應用	
附錄..... 262—275	
表 I 常用截面的性質..... 262	格)..... 263
表 II 等邊角鋼(蘇聯標準規格)..... 264	表 IV 工字鋼(蘇聯標準規格)..... 271
表 III 不等邊角鋼(蘇聯標準規格)..... 264	表 V 槽鋼(蘇聯標準規格)..... 274
習題答案..... 276—288	

第一章 緒論

1-1 材料力學的範圍與任務 材料力學是力學的一個分支，研究作用於彈性物體上的外力與它所引起的內力及變形之間的關係。

現在就圖 1-1 中所示的情況來指出一些問題，藉以說明材料力學裏所討論的事物。圖中的結構，包括梁 BC ，眼桿 AB ，及銷釘等。梁上載一荷重（如一機器的重量），由於這個荷重及梁的重量，使左邊的支座及右邊的眼桿與銷釘，都受有力的作用，這些力的大小，用靜力學的平衡原理，就可以求得出

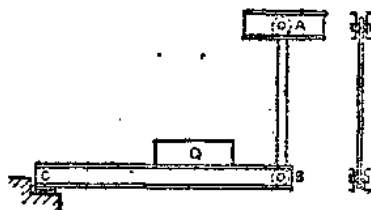


圖 1-1

來；但是此外還有許多問題，常須解答。例如：這個結構中的梁，眼桿，銷釘等等的粗細長短是否配置得適當而足夠堅強呢？受了荷重作用後是否不致損壞也不致過度變形呢？眼桿究竟伸長好多，梁究竟彎曲了好多呢？又如梁在 C 端處砌入牆內固定了起來，那麼若是祇用靜力學的平衡條件，就求不出固定端及 B 端的力了；這些力又將怎樣計算出來呢？要回答這些問題，就要用

到材料力學裏所討論的事物了。

科學的產生，由於生產鬥爭的需要，科學的發展，也有它必要的物質基礎，就是社會生產力的發展，在生產發展的一定階段上，有着一定程度的自然科學。在生產力的發展中，科學也隨着發展；而科學的進步，又反轉來幫助生產力的提高。

有問題就有矛盾，工程建設是實際問題，要解決這些實際問題，就要具體深入地分析其中矛盾，研究如何解決這些矛盾。在設計某一結構或機械中，選擇材料及決定構件的形狀與尺寸時，應該考慮到基本要求，即安全，適用及經濟；同時也還要考慮到在某些情況下的特殊要求，例如設計戰時建築，常常要考慮到施工簡便迅速的特殊要求，設計航空機械時，要考慮到重量最小的特殊要求。顯然地這些要求之間，常存在着矛盾的，解決這些要求間的矛盾，就是材料力學發展的動力。

古代的建築家，沒有什麼理論，祇知根據簡單的經驗，倣效着已知的式樣去做，隨着生產力的逐漸發展，人們逐漸致力於材料使用方面的研究。在十七世紀新經濟發展時期，國際間的海外往來頻繁，並且採礦冶金工業也在萌芽，這時期發生了一系列的新的技術問題，如加大船舶噸位的問題，建造水閘等類建築物的問題等等，這些問題為材料力學發展創造了條件。在這時著名的科學家伽利略開始進行了對於強度問題的初步研究，他的重要貢獻是在解決有關梁及其他桿件的尺寸與所能支持荷重間的關係。在 1678 年，科學家虎克根據研究的結果，得了一個重要

定律，指出彈性物體的應變與應力成正比。此後，由於技術的進展，所須要解決的問題日漸增加，材料力學就很快地發展為研究強度的科學。

我們中華民族是勤勞的，我們的文化具有悠久的歷史，我國古代的勞動人民和科學家在力學方面有很大的貢獻。例如在殷代已有完善的車，已用有輻的車輪。在紀元前四世紀，大發明家公輸班創造了木檣和雲梯，改良了戰船。在橋梁建築上，我國很早就有石拱橋，其中較大的如河北省趙縣的趙州橋，相傳是隋朝的遺物，至今已有一千三百多年，這是一座單孔的石拱橋，跨度達37公尺有餘，在拱背上兩端各有兩個小拱，這種做法直至十八世紀才出現於英國。在房屋建築上，我國很早就發明了骨架結構，在地上築土為台，安石礎，立木柱，置梁架，上面安置檁椽，各部尺寸多有規定，如宋代的“營造法式”中就規定了木梁的高與寬作三與二之比，很符合經濟原理。在近代，我國的科學家在材料力學方面也有很大的貢獻。

在材料力學中分析某一問題時，也和其他科學一樣，往往須要定出若干假設和限制。正確地建立起來的假設，是探求理論與定律的方法，已成為發展科學的重要武器。恩格斯在“自然辯證法”中說：「自然科學如能運用思想，則假說當為其發展形態。一個新事實發現了，從前說明這一些事實的方法不適用了，於是要用新的方法來解釋，起初是根據有限的事實和觀測，以後的試驗材料會來洗清這些假設，一部分被否定了，另一部分再經過修

正，一直到最後，方確立成為完全的定律。]在材料力學中，例如對於製造某構件的材料，我們常假定它是具有連續性和異向均質性的，實際上有些工程材料如鑄造金屬（生鐵例外），是具有很好的異向均質性的，而有些其他工程材料如木料等，它的異向均質性就較差。材料的異向均質性愈好，則它的性質在內部各點及各方向就愈均勻，理論與實驗的結果也更為符合。

材料力學不是單純的理論運算，而是實驗，實踐和理論緊密聯繫着的。理論是由實踐中產生的，所有理論上的假設及結論是否正確，須要由實驗及生產實踐中來驗證，同時理論又反過來指導實驗的進行；當理論難以解決非常複雜的問題時，就要用實驗來幫助確定。

1-2 荷重 結構所受的力，可分為兩大類：即外力與內力。外力是結構自外面所受的力，包括荷重及與荷重相平衡的反力。內力是結構內部因所受外力作用而產生的力。荷重可以分類如下：

(1) 按作用分類 可分為靜荷重，反複荷重及撞擊荷重。凡逐漸加上去，達到某一定值以後就不改變的荷重，稱為靜荷重。作用很多次而使材料內部的應力在某定值範圍內連續改變的荷重，稱為反複荷重。驟然作用的即在較短時間內作用的荷重，稱為撞擊荷重。

(2) 按分佈情況分類 可分為分佈荷重及集中荷重。荷重分

佈的範圍很小，可以略去不計的，稱為集中荷重。分佈範圍較廣的，稱為分佈荷重。分佈荷重又可分為均佈荷重及非均佈荷重（或變佈荷重）。

(3) 按效應分類 可分為拉伸，壓縮，剪切，扭轉及彎曲。分別如圖 1-2(a)，(b)，(c)，(d) 及 (e) 所示。

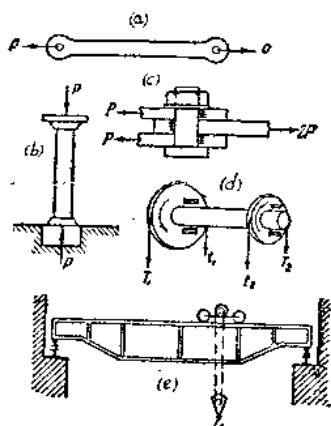


圖 1-2

1-3 內力，變形 物體可假定由許多細小質點或分子所構成，在這些分子之間，有引力互相作用着，這就是內力。作用於一物體的外力，使物體發生變形，而物體內部分子間的力却抵抗這種變形，這時分子互相變位，直到這種內力與外力相平衡時為止，在這種情況下，這物體稱為在變形狀態或應變狀態中。