

大學用書

材料力學

原著者 S. P. Timoshenko
James M. Gere

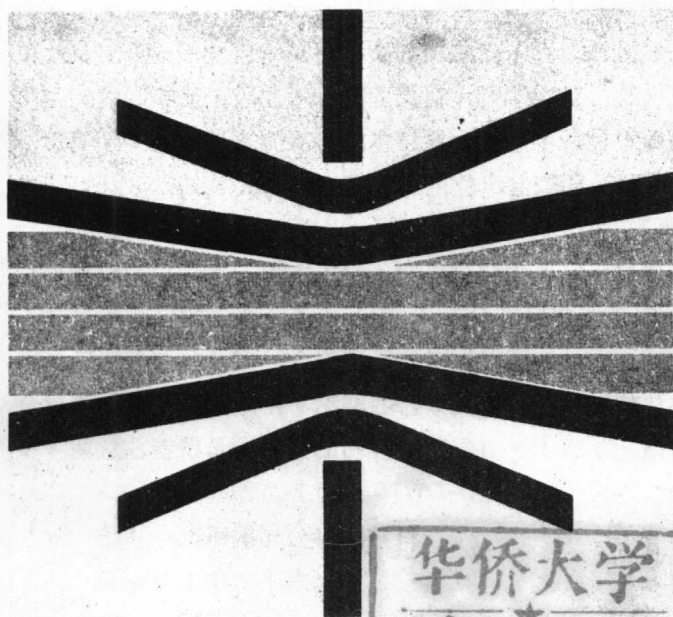
譯述者 王 樅 張伯烈 趙國華

(SI 版)

發行者 科技圖書股份有限公司

材料力學

MECHANICS OF MATERIALS



A0401498

Stephen P. Timoshenko

James M. Gere

251310

六十一年十月 初 版
六十六年四月 修訂六版
六十六年六月 國際制單位版初版
六十八年二月 國際制單位版三版

本公司經新聞局核准登記
登記證局版臺業字第1123號

書 名：材料力學 (SI 版)
原 著 者：Timoshenko and Gere
譯 述 者：王 樸、張伯烈、趙國華
發 行 人：趙 國 華
發 行 者：科技圖書股份有限公司
臺北市博愛路185號二樓
電 話：3 1 1 0 9 5 3
郵 政 劃 撥 1 5 6 9 7 號
特價新臺幣90元

國際制單位版刊印說明

本書自六十二年一月刊印以來在短短四年內已再版六次，足見該書受到國內外讀者們之歡迎與重視。茲為便利讀者起見，將原用的英制單位全部改為國際制單位，重行排版印行。稱為國際制單位版，但原印的英制版仍繼續發行。在國際單位版中除保留原譯本的細緻譯文作風外，並另增參考資料與發展簡史、以及國際制單位的習題答案，總共頁數達 612 頁，較英制版本多出 38 頁。

本版的國際單位制資料係根據蘇格蘭，鄧第大學土木工程系教授柯孫（A. R. Cusens）與愛斯登尼洛（R. A. Estanero）博士的講義本改譯，故無割裂不完整之弊，尤其習題與答案能正確符合，習者在做習題時可隨時參考答案以測驗其瞭解程度，此為本書的特點。在此國際制單位通行全球的今日，學術界得此新版本，實為不可多得的良機，希讀者注意並多多利用。

科技圖書公司編輯部 謹誌

六十六年六月十日

原 序

爲了大學生們的需要，不論他們在大學裏初次學習，或已畢業而當了工程師的，作爲參考引用而編寫的一本「材料力學」教科書，應是一件可以辦到的工作。作者們寫成這本書，自認爲已能符合這些目標。

我們首先，將能施教的和易學易懂的，分別列出理論和方法，並供給足夠的討論與例題，使初學者能迅速的抓住基本要點。這樣，這本教科書便要超越了初級階段，而將更高深與更專門的資料也包容在內。因之，工程師們，不問他已在做設計或參與研究，或是發展主動研究所需要的，在本書內可找到不少新的資料，供他們很高興的去引用。

一眼瞥見這本書首列的目錄，便知道本書所包涵的內容。這些章節中包括了桿件受軸載重、扭力和彎曲，以及其他各種材料力學的基本觀念，如應變能、應力與應變的變換，非彈性體的形態等等。對工程師們認爲有興趣的特別項目，包括了熱效應、非錐體梁、大撓度梁、不對稱梁等的彎曲、剪力中心、以及其他。最後一章，包含了單一載重法、逆定理、韌性與剛性方法、應變能定理、位能定理、瑞里夫 - 李茲法、餘能原理等。這一章對讀者提供了學習近代結構理論的結實基礎。

本書的內容，對一個初習的大學生確是過多，因之要請每位教師相機選擇認爲最基本或最重要的資料向學生講解。教師們一定會賞識這幾百個新習題（一共超過 600 題），供作課外作業，或作課堂討論資料。

在本書後面，收集了很多的參考資料，有些寫出材料力學的發展歷史，和課題有關的原始資料。爲了增進讀者興趣，在參考資料內，列入發現者的平生與他的小傳。

這本書具有「新」的感覺，因爲書中列有簇新而公認爲最具興趣性的材料力學題材。但另一方面，感覺到是「古」的。因爲這本書是根據有名的二大本「材料強度學」（鐵馬與歌著）發展而成的。「材料強度學」曾在 1955 年改訂 1956 年出版第三版，第二版是在 1941 改版印行的，最初一版是 1930 年出版。若再上溯，最初的第一版是根據若干最早在俄國出版的教科書，一直要追溯到 1908 年。（詳見 Timoshenko 著 “As I remember” 1968）。作者等希望這本書將和以後編寫的「高等材料力學」成爲

連串的最新教科書。

要將編寫這本書的當時與此發生關係的人們致其謝忱，實爲一不可能的事，但對 D.H. Young 教授的細讀全書，提供有價值的指教，則感荷良深。另一同僚 William Weaver, Jr. 教授，對「結構分析與能法」一章的貢獻，則表示感謝。另一部分的感激是屬於歷年來爲數極多的學生們，從他們在校學習時的表現，使作者們能體會到如何去編寫一本好的教科書。自然，沒有一本書在編寫中能缺少秘書的幫忙。這幾位如 M F. Nelson 夫人，J Markenzie 小姐，R E. Platt 夫人，和 S Bennett 小姐等，作者對她們表示由衷的感激。

鐵馬興歌

奇爾

於加州司丹福 1971 年 6 月

鐵馬興歌傳略

鐵馬興歌 (Stephen P. Timoshenko) 教授 1878 年 12 月 22 日生於烏克蘭尼亞的小村。1889 年放入龍尼城的鐵路學堂，於 1896 年畢業，同年放入交通工程學院，1901 年畢業經一年軍訓後即入該院的力學實驗室任研究員。1902 年轉入聖彼得堡工學院任職，1906 年獲得基輔工學院之教授職位，1907 年開始擔任教授材料力學課程，他以由簡入深的教材非常成功的建立這種教授法而受到學生們的歡迎與敬仰。根據三年來編寫的講義在 1911 年出版「材料力學」一書。同年他以兼任土木系主任而突被解職，以致生計發生困頓，但他仍繼續不倦致力於研究工作，於 1913 年出版「彈性力學理論」一書。1914 年大戰爆發，俄境動亂不安，在此數年中，他與其家人共渡艱苦歲月凡六年，但他對力學的研究仍楔而不捨，1918 年寫成一本「不用微積分之材料力學」。其後俄國大革命起，全境混亂異常，1920 年七月携眷離俄而抵南斯拉夫，首在沙瑞工學院任教二年。1922 年 6 月 22 日渡美。1923 年入西屋研究實驗室之力學研究小組任研究工程師，利用晚上時間為公司同仁開設進修班講授材料力學，並一手促成美國機械工程學會力學組之建立，1928 年轉入密歇根大學任教，除任課外，埋首寫作，先後出版「材料力學」、「工程震動學」、「彈性穩定理論」、「工程力學」、「彈性力學」等書，由於內容都屬權威性，不但可作標準教科書用，且可作為職業工程師及學生們的重要參考來源，因而風靡全國，傳譯全球。1936 年氏由密大轉至史丹福大學任教，在任內又出版了「平板及曲板理論」、「結構理論」與「高等動力學」等書。1944 年以年屆 65 歲由史大正式退休，遷居德國與其親生女團絃共度餘年。但每年仍為史大開授有關「材料力學史」及「材料物理性」等課，直至 75 歲始止。他著作等身，除上述的各種權威性著作外，在 1959 年曾出版一本「俄國工程教育」，1963 年他用俄文寫其「自傳」先在法國出版，1967 年的美譯本在美國發行。1971 年與其高足 Gere 氏合著“mechanics of materials”即本書的原本，由 D. von Nostrand 書局出版，他雖親見此書之完成，但不幸於 1972 年 5 月 29 日逝世，享年九十有三，相隔不過半年耳。故本書可謂其最後遺作，因而靡足珍貴。我們深深哀悼他的逝世，也將永遠珍惜他為我們播下了許多的種子。

爲了飲水思源，吾們將這位傑出的力學大師的生平，作上述的傳略以供讀者之景仰。

科技圖書公司編輯部 謹誌

六十六年六月

符號一覽表

A	面積，作用（力或力偶），常數
a, b, c	尺寸，距離，常數
C	積分常數，形心
c	自樑之中性軸至其最外表面之距離
D	變位，運動學之未知數
d	直徑，尺寸，距離
E	彈性模數，第二種橢圓積分
E_r	已降低之彈性模數
e	偏心距，尺寸，常數
F	力，第一種橢圓積分，韌性系數
f	剪力流，塑性彎曲之形狀因數
f_s	剪力之形狀因數
G	剪力之彈性模數
g	重力，加速度
H	距離，力，反力，馬力
h	高度，尺寸
I	一個平面面積之慣性力矩（或第二力矩）
I_x, I_y, I_z	對 x, y 及 z 軸之慣性力矩
I_1, I_2	主慣性力矩
I_{xy}	一個平面面積對 x 及 y 軸慣性力矩之積
J	極慣性力矩，扭力常數
K	體積彈性模數，柱之有效長度因數
k	$\sqrt{P/EI}$ 之符號
L	長度，跨度
M	彎曲力矩，反力偶

M_p	樑之塑性力矩
M_y	樑之屈伏力矩
N	軸向力
n	安全因數，數目，比值，整數，每分鐘之轉數
O	座標之原點
P	集中力，載重，軸向力
P_{cr}	柱之臨界載重
P_u	極限載重
P_w	工作載重或容許載重
P_y	屈伏載重
p	壓力
Q	集中力，一個平面面積之第一力矩（或靜力矩）
q	分佈載重之強度（每單位距離內之載重）
q_u	極限載重
q_y	屈伏載重
R	反力，半徑
r	半徑，距離，旋轉半徑（ $r = \sqrt{I/A}$ ）
S	力，樑之斷面模數，剪力中心，勁性係數
s	距離，沿曲線之長度
T	溫度，扭曲力偶或轉矩
T_u	極限轉矩
T_y	屈伏轉矩
t	厚度
U	應變能
u	單位體積之應變能
U^*	餘能
u^*	單位體積之餘能
V	剪力，體積
v	撓度，速度
v', v'', etc	$dv/dx, d^2v/dx^2$ 等
W	重量，功
W^*	餘功

X	靜贅力
x, y, z	矩形座標, 距離
$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$	形心之座標
Z	樑之塑性模數
α	角度, 熱膨脹係數, 比值
α_s	剪力係數
β	角度
γ	剪力應變, 單位體積之重量
$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	在 xy, yz, zx 各平面內之剪力應變
γ_θ	傾斜軸之剪力應變
δ, Δ	撓度, 變位, 伸長
ϵ, ϵ	正交應變
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	在 x, y 及 z 方向之正交應變
$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$	主正交應變
ϵ_y	屈伏應變
ϵ_θ	傾斜軸之正交應變
θ	角度, 單位長度內之扭曲角度, 樑軸之旋轉角度
θ_p	與主平面或主軸線所成之角度
θ_s	與最大剪應力平面所成之角度
κ	曲度 ($\kappa = 1/\rho$)
κ_y	屈伏曲度
λ	距離
ρ	半徑, 曲度平徑, 在極座標內之徑向距離
ν	卜桑氏 (Poisson's) 比值
σ	正交應力
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	在垂直於 x, y 及 z 各軸線之平面上之正交應力
σ_θ	傾斜平面上之正交應力
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主應力
σ_{cr}	柱之臨界應力 ($\sigma_{cr} = P_{cr} / A$)
σ_r	殘餘應力
σ_u	極限應力

σ_w	工位應力或容許應力
σ_v	屈伏應力
τ, τ	剪應力
$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	在垂直於 x, y 及 z 各軸線之平面上與 x, y 及 z 各軸線平行之剪應力
τ_θ	斜面上之剪應力
τ_u	極限剪應力
τ_w	工作剪應力或容許剪應力
τ_v	屈伏剪應力
ϕ	角度，扭曲角度
ψ	無尺寸之因數
ω	角速度

希臘字母表

字 母	讀 音	字 母	讀 音	字 母	讀 音
A α	alpha	I ι	iota	P ρ	rho
B β	beta	K κ	kappa	Σ σ ς	sigma
Γ γ	gamma	Λ λ	lambda	T τ	tau
Δ δ	delta	M μ	mu	Y υ	upsilon
E ϵ	epsilon	N ν	nu	Φ ϕ φ	phi
Z ζ	zeta	Ξ ξ	xi	X χ	chi
H η	eta	O $\omicron$	omicron	Ψ ψ	psi
Θ θ	theta	Π π	pi	Ω ω	omega

目 錄

原著者序

目錄

符號一覽表

第一章 拉力、壓力及剪力

1 - 1	緒言	1
1 - 2	應力及應變	2
1 - 3	拉力試驗	3
1 - 4	直線型彈性及胡克氏定律	7
1 - 5	軸向載荷桿之撓曲	10
1 - 6	靜不定結構	12
1 - 7	溫度及預加應變之影響	22
1 - 8	非線性行態	24
1 - 9	剪應力及剪應變	29
1 - 10	應變能	31
習 題		38

第二章 應力與應變之分析

2 - 1	斜面上之應力	51
2 - 2	雙軸應力	55
2 - 3	純剪力	59
2 - 4	雙軸應力之摩爾氏圓	61
2 - 5	平面應力	64
2 - 6	平面應力之摩爾氏圓	68
2 - 7	三軸應力	71
2 - 8	平面應變	74
習 題		80

第三章 扭 力

3 - 1	圓桿之扭力	84
3 - 2	空心圓桿之扭力	90
3 - 3	扭力應變能	92

3 - 4	薄壁管	94
3 - 5	圓桿之非彈性扭力	100
習 題		103

第四章 剪力及彎曲力矩

4 - 1	樑之各種型式	108
4 - 2	樑內之應力合力	110
4 - 3	介在載重、剪力及彎曲力矩間之關係	113
4 - 4	剪力圖及彎曲力矩圖	116
習 題		124

第五章 樑內之應力

5 - 1	樑內正交應力	130
5 - 2	樑之設計	137
5 - 3	樑內之剪應力	141
5 - 4	圓形截面樑之剪應力	148
5 - 5	構成梁	150
5 - 6	樑內主應力	153
5 - 7	非等截面樑內之應力（近似理論）	156
5 - 8	合成樑	163
5 - 9	彎曲與扭轉之結合	170
5 - 10	彎曲與軸載重之結合	172
習 題		177

第六章 樑之撓度

6 - 1	撓度曲線之微分方程式	190
6 - 2	簡支樑	193
6 - 3	懸臂樑	198
6 - 4	力矩 - 面積法	200
6 - 5	重疊法	205
6 - 6	非等截面之樑	211
6 - 7	差分法	214
6 - 8	彎曲之應變能	218
6 - 9	與撓度成正比例之載重	222

6 - 10	熱之影響	225
6 - 11	剪力變形之影響	227
6 - 12	巨大撓度之樑	234
習 題		239

第七章 靜不定樑

7 - 1	靜不定樑	249
7 - 2	撓度曲線之微分方程式	251
7 - 3	重疊法	254
7 - 4	力矩面積法	263
7 - 5	差分法	267
7 - 6	連續樑	268
7 - 7	熱影響	275
7 - 8	樑端之水平變位	277
習 題		280

第八章 不對稱彎曲

8 - 1	負斜載重之對稱樑	289
8 - 2	不對稱樑之純彎曲	291
8 - 3	不對稱樑受橫向載重之彎曲	297
8 - 4	開放型薄壁橫截面樑內之剪應力	300
8 - 5	開放型薄壁橫截面之剪力中心	307
8 - 6	向非主軸彎曲之樑內剪應力	313
習 題		320

第九章 非彈性彎曲

9 - 1	緒論	327
9 - 2	非彈性彎曲之方程式	327
9 - 3	塑性彎曲	329
9 - 4	塑性鉸	334
9 - 5	樑之塑性分析	338
9 - 6	撓度	347
9 - 7	非彈性彎曲	351

9 - 8 殘餘應力	358
習 題	360

第十章 立 柱

10- 1 負偏心載重之立柱	368
10- 2 立柱之臨界載重	373
10- 3 立柱內之應力	380
10- 4 立柱之正割公式	382
10- 5 立柱之缺點	385
10- 6 立柱設計公式	388
習 題	392

第十一章 結構分析與能法

11- 1 緒言	397
11- 2 虛功原理	398
11- 3 用單位 - 載重法計算變位	403
11- 4 樑之剪力撓度	418
11- 5 互換定理	423
11- 6 韌性法	430
11- 7 勁性法	443
11- 8 應變能及餘能	457
11- 9 應變能法	467
11-10 位能法	477
11-11 瑞萊 - 李滋二氏法	480
11-12 餘能原理	492
11-13 力法	499
11-14 卡氏第二定理	502
11-15 應變能與韌性法	505
11-16 其他各種結構分析法	507
習 題	508

參考資料與發展簡史

附錄 A 平面面積諸性質

A - 1	面積之形心	540
A - 2	組合面積之形心	542
A - 3	面積之慣性力矩	544
A - 4	極慣性力矩	546
A - 5	平行軸定理	548
A - 6	慣性積	550
A - 7	軸之旋轉	552
A - 8	主軸	554
習 題		556

附錄 B	平面面積諸性質表	561
------	----------	-----

附錄 C	結構用鋼截面性質 (摘要)	564
------	---------------	-----

附錄 D	梁之撓度與傾斜度	570
------	----------	-----

習題答案		576
------	--	-----

人名索引		599
------	--	-----

名詞索引		601
------	--	-----

第一章 拉力、壓力及剪力

1.1 緒 言

材料力學 (mechanics of materials) 爲應用力學之一部門，討論固體物體承受各種型式載重之行態。爲具有各種名稱而命名之研究領域，包括“材料強度” (strength of materials) 及“變形物體力學” (mechanics of deformable bodies) 等。在本書內被考慮之物體，包括軸向載重之桿、軸、樑及柱以及由此類組件構成之結構。通常我們分析之目的將爲確定應力、應變及由載重所產生之變形；若對於從一般載重一直到失敗載重所有一切載重之值，均能求得。則我們即已獲得，該物體力學之完整行態。

理論分析及試驗結果，在材料力學之研究中，具有相等之重要任務。在許多機會中，我們將作合理之誘導以獲取公式或方程式，用以預示力學行態；但在同時我們必須認識清楚，這些公式，除非該材料之某些性質爲已知者，即不能在實際上加以利用。若干性質祇有在試驗室內作過適宜之試驗後，始對於我們有用。另外在工程方面的許多重要問題，也不能用理論的方法有效地加以處理，而試驗的計量方法乃成爲在實行上所必需者。材料力學在過去之進展，理論與試驗二者成爲一項迷人之混淆，在若干實例中，試驗已指陳其結果，將爲有用之途徑，而在其他若干實例中，理論亦復如是。著名人物如達文西 (Leonardo da Vinci 1452 - 1519) 及伽里略 (Galileo Galilei 1564 - 1642)，曾作過若干試驗以決定線、桿及樑之強度，雖然彼等並未發展出來任何適當的理論 (按現在的標準) 以解釋彼等之試驗結果。與此正好相反，有名的數學家尤勒 (Leonhard Euler 1707 - 1783) 在 1744 年曾發展成功柱之數學理論，並算出柱之臨界載重，在有任何試驗的證據存在，足以表示尤勒氏結果之重大意義之前，尤勒氏之理論結果，被擱置未予採用達若干年，雖然現在這些理論尚構成長柱理論之根據垂二百三十年之久。*

將理論之誘導與由試驗所決定的各項材料性質，合併在一起的重要性

* 有關材料力學的歷史，由達文西及伽里略，見參考書 1-1, 1-2 及 1-3。