

高等学校教学用书

# 材料力学教程

上册 第一分册

M. M. 費洛宁柯-鮑罗第契主編

高等教育出版社

高等学校教学用书



# 材料力学教程

上册 第一分册

M. M. 費洛宁軻-鮑罗第契主編  
陶学文譯

高等教育出版社

A decorative horizontal line with a dotted pattern.

高等学校教学用书



# 材料力学教程

上册 第二分册

M. M. 费洛宁柯-鲍罗第契主编  
陶学文译

高等教育出版社

本書系根据苏联國立技術理論書籍出版社（Государственное издательство технико-теоретической литературы）出版的費洛宁柯-鮑罗第契（М. М. Филоненко-Бородич）主編，費洛宁柯-鮑罗第契（М. М. Филоненко-Бородич）、依魯莫夫（С. М. Изюмов）、奧利索夫（Б. А. Олсов）、庫特略甫采夫（И. Н. Кудрявцев）、馬里清諾夫（Л. П. Мальчинов）合著“材料力學教程”（Курс сопротивления материалов）1955年版第一冊第四版修訂本譯出。原書經苏联高等教育部審定為高等工業學校教科書。

原書分第一、第二兩冊，中譯本相應地分為上下二冊，上冊又分為第一、第二兩分冊出版。原書新版第一冊可成獨立部分，適用於一切需要詳細學習材料力學的專業；第二冊則是第一冊中某些專門問題的深入研究，是一般專業可以不學的。第一冊內容除緒論外包括第一至第七篇，分述：拉伸和壓縮，剪切，彎曲，扭轉，組合強度，材料強度，彈性平衡形式的穩定性，動力學問題，彈性系統的一般計算方法等共十八章。中譯本上冊第一分冊包括緒論及第一篇拉伸、壓縮和剪切，第二篇彎曲等共七章。

中譯本上冊由陶學文同志翻譯。

本書上冊原由商務印書館出版，根據新版重譯後改由本社出版。

## 材料力學教程

上冊 第一分冊

М. М. 費洛寧柯-鮑羅第契主編

陶學文譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·242 開本 850×1168 1/32 印張 10 13/16 字數 280,000

一九五三年十月商務初版（共印 20,000）

一九五六年十月上海新一版

一九五六年十月上海第一次印刷

印數 1—5,000

定價（10）¥ 1.60

本書系根据苏联國立技術理論書籍出版社（Государственное издательство технико-теоретической литературы）出版的費洛宁軻-鮑罗第契（М. М. Филоненко-Бородич）主編，費洛宁軻-鮑罗第契（М. М. Филоненко-Бородич）、依魯莫夫（С. М. Изюмов）、奧利索夫（Б. А. Олисов）、庫特略甫采夫（И. П. Кудрявцев）、馬里清諾夫（Л. И. Мальчинов）合著“材料力學教程”（Курс сопротивления материалов）1955年版第一冊第四版修訂本譯出。原書經苏联高等教育部審定為高等工業學校教科書。

原書分第一、第二兩冊，中譯本相應地分為上下二冊，上冊又分為第一、第二兩分冊出版。原書新版第一冊可成獨立部分，適用於一切需要詳細學習材料力學的專業；第二冊則是第一冊中某些專門問題的深入研究，是一般專業可以不學的。第一冊內容除緒論外包括第一至第七篇，分述：拉伸和壓縮，剪切，彎曲，扭轉，組合強度，材料強度，彈性平衡形式的穩定性，動力學問題，彈性系統的一般計算方法等共十八章。中譯本上冊第二分冊包括第三篇至第七篇，分述扭轉，組合強度，材料強度等以下共十一章。

中譯本上冊由陶學文同志翻譯。

本書上冊原由商務印書館出版，根據新版重譯後改由本社出版。

## 材料力學教程

上冊 第二分冊

M. M. 費洛宁軻-鮑罗第契主編

陶學文譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15910-243 開本 850×1168 1/32 印張 99/16 字數 244,000

一九五三年十一月商務初版（共印 13,000）

一九五六年十一月上海新一版

一九五六年十一月上海第一次印刷

印數 1—11,000

定價（10）¥ 1.40

## 第四版序

本書第四版首先對於第一卷和第二卷的材料分配方面作了重大變更。這樣做的目的，是要在按照蘇聯高等教育部審定的大綱全部講授材料力學的所有高等工業學校中，使本書第一卷單獨就能成為主要教本。第二卷則深入討論第一卷內的問題。這樣，讀者就只在遇到若干特殊問題時才需查考第二卷（或其他適當的資料）。由上所述，必須把過去（第三版時）在第二卷中的大量材料移到第一卷。其中包括如下各個章節（按新的編號）：§§ 26、34 和 94（電線、繩索和容器的計算）、§ 91（求彈性線的一般方法）以及 §§ 92 和 93（連續彈性地基上的梁）；第十一章（平面曲桿），第十二章（強度理論），第十三章（材料的機械性質），第十六到十八章（彈性系統的一般計算方法）。

要移動這麼大量的材料，只有仔細修改第一卷的敘述方式，加以縮減，有時還要採用新的解釋問題的方法（例如 § 82 等節）。同時還必須加進若干新材料；比如說，第一章和第十三章中講述了按極限狀態計算建築結構的新方法，這是現在於土建結構新的設計標準批准後獲得廣泛應用的一種方法。

第七篇（彈性系統的一般計算方法）按性質是屬於結構靜力學的，現在收入第一卷內，這是由於考慮到機械製造高等工業學校是沒有結構靜力學課程的。這部分材料的份量，在各類高等工業學校里是不同的。著者認為對於這些問題保留第三版中比較完全的敘述是有益的。

說明理論的例子也經過修改，有些地方換了新的例子。第二卷已經定稿，份量減了很多，因而能夠收進一些新的重要篇章，例如，彈性理論方程及其若干應用，桿系動力學和振動理論。

准备本版第一卷时，著者分工如下：

M. M. 费洛寧軻-鮑罗第契： §§ 1—10, 26—34, 82—83, 85, 91—94 和第十二, 十四到十八章, §§ 145 和 163 除外。

C. M. 依西莫夫： §§ 17, 20—24, 35—37, 163 和第三到五章, 第八到十章。

B. A. 奥利索夫： §§ 11—16, 18, 19, 25, 145 和第十一章, 第十三章。

И. И. 庫特略采夫： §§ 79—81, 84, 86—90 各節以及 §§ 82 和 92 中的例。

A. H. 米丁斯基仔細閱讀了本書手稿, 提出極多有益的意見, 著者非常感謝。

M. 费洛寧軻-鮑罗第契

一九五四年十月。

# 目 錄

## 第四版序

緒論 .....	1
§ 1. “材料力学”的研究对象和在其他科学中的地位 .....	1
§ 2. 力在物体上的作用，变形及变形和力的关系 .....	5
§ 3. 外力和内力 .....	7
§ 4. 材料力学問題的解題步驟 .....	10
§ 5. 当作内力尺度的应力，納維埃应力面 .....	12
§ 6. 線变形和角变形 .....	15
§ 7. 力和变形的关系，材料的彈性 .....	17
§ 8. 桿和細長桿，外力作用的分类 .....	20

## 第一篇 拉伸和压缩，剪切

第一章 直桿的拉伸和压缩 .....	22
§ 9. 一般概念，均匀拉伸(压缩) .....	22
§ 10. 拉压理論的基本公式 .....	26
§ 11. 材料試驗用的机器和仪器 .....	29
§ 12. 拉伸圖 .....	36
§ 13. 波桑系数 .....	41
§ 14. 拉伸变形能 .....	42
§ 15. 塑性材料和脆性材料 .....	44
§ 16. 压缩 .....	46
§ 17. 局部应力，承压 .....	49
§ 18. 荷重作用的性質、時間及溫度的影响 .....	50
§ 19. 安全系数，許可应力 .....	51
§ 20. 最簡單的拉伸和压缩的強度計算 .....	55
§ 21. 靜不定問題 .....	58
§ 22. 靜不定桿系的一般性質，裝配应力的实际意义 .....	62



§ 23. 用确定承载能力的方法作静不定桿系的計算 .....	65
§ 24. 关于土建工程結構按照極限状态計算的方法 .....	70
§ 25. 自重作用下的拉伸和壓縮, 等強度桿 .....	73
§ 26. 电線和繩索的計算 .....	76
<b>第二章 拉伸和壓縮的進一步研究, 剪切</b> .....	<b>86</b>
§ 27. 斜斷面上的应力 .....	86
§ 28. 相对剪变形和剪应力虎克定律 .....	90
§ 29. 二向的拉压 .....	94
§ 30. 应力橢圓和莫尔圓 .....	98
§ 31. 純剪, 剪应力互等定律 .....	99
§ 32. 三向的拉压 .....	102
§ 33. 普遍虎克定律 .....	103
§ 34. 薄壁容器的計算 .....	110
§ 35. 剪切的实际計算, 鉚接 .....	116
§ 36. 鉚接計算 .....	121
§ 37. 榫接計算 .....	125
<b>第二篇 弯曲</b>	
<b>第三章 平面圖形的慣性矩</b> .....	<b>127</b>
§ 38. 定义 .....	127
§ 39. 對於平行軸的慣性矩 .....	128
§ 40. 慣性主軸的概念 .....	130
§ 41. 簡單圖形的慣性矩 .....	131
§ 42. 对称組合斷面的慣性矩 .....	133
§ 43. 座标軸旋轉时慣性矩的变化 .....	134
§ 44. 主慣性矩, 主軸方向 .....	136
§ 45. 慣性半徑, 慣性橢圓 .....	139
§ 46. 离心慣性矩的計算, 例 .....	142
§ 47. 求慣性矩的近似分析法和圖解法 .....	145
<b>第四章 梁的外力和断面内力</b> .....	<b>147</b>
§ 48. 平面弯曲, 梁支座种类 .....	147
§ 49. 梁的分佈荷重以及集中荷重, 支座反力的确定 .....	151
§ 50. 梁断面内力, 弯矩和剪力, 符号規則 .....	156

§ 51. 弯矩圖和剪力圖的分析作法	159
§ 52. 弯矩、剪力与荷重強度間的微分关系，危險断面	163
§ 53. 微分关系在作圖和校核圖形时的应用	165
§ 54. 荷重为力偶的情形	169
§ 55. 分佈力矩荷重	172
§ 56. 用疊加的方法作圖	176
§ 57. 弯矩圖和剪力圖的圖解作法	178
<b>第五章 直梁的应力</b>	<b>182</b>
§ 58. 純弯曲，应力和外力間的靜力学关系	182
§ 59. 变形，平面断面假定	184
§ 60. 弯曲理論的基本关系式，正应力公式	187
§ 61. 梁受弯曲的計算，抵抗矩	191
§ 62. 梁断面的合理形狀	195
§ 63. 弯曲时的剪应力	197
§ 64. 剪应力作用引起的橫断面的翘曲变形	202
§ 65. 圓形断面內的剪应力	204
§ 66. 薄壁工字形断面的剪应力分佈	206
§ 67. 梁計算中的剪应力校核，內力偶臂	208
§ 68. 剪荷重情形	211
§ 69. 等強度梁	215
§ 70. 平面应力状态的普遍情形	218
§ 71. 主应力，最大剪应力	221
§ 72. 弯曲时的主应力	225
§ 73. 主平面方向，应力軌跡	229
§ 74. 組合梁計算，鉚接梁	232
§ 75. 銲接梁	237
§ 76. 不对称断面梁的弯曲	239
§ 77. 薄壁断面的弯曲中心	241
§ 78. 按承載能力作鋼梁計算	244
<b>第六章 梁的彈性線</b>	<b>251</b>
§ 79. 彈性線的微分方程	251
§ 80. 彈性線微分方程的積分	256
§ 81. 荷重复雜的情形	260
§ 82. 圖解分析法，假想荷重	266

§ 83. 外伸梁	275
§ 84. 圖解法	278
§ 85. 弯曲时的廣义虎克定律	284
<b>第七章 弯曲的靜不定問題</b>	<b>286</b>
§ 86. 一或二个固定端的單跨梁	286
§ 87. 双跨梁	294
§ 88. 連續梁, 三弯矩方程	299
§ 89. 从圖解分析法的观点看靜不定梁	308
§ 90. 按承載能力作靜不定梁計算	310
§ 91. 求梁的彈性線的一般方法	313
§ 92. 連續彈性地基上的梁	324
§ 93. 彈性地基上的無限長梁	328
§ 94. 容器壁由於变形限制而引起的弯曲	334

# 上册第二分册目錄

## 第三篇 扭轉

第八章 圓断面直桿的扭轉	339
§ 95. 应力和外力間的靜力学关系	339
§ 96. 扭轉时的变形	341
§ 97. 扭轉理論的基本关系式。剪应力公式	344
§ 98. 扭轉时的主应力	346
§ 99. 軸受扭轉的計算。扭矩圖	348
第九章 非圓断面桿的扭轉和螺旋彈簧計算	355
§ 100. 矩形断面桿的扭轉	355
§ 101. 薄壁桿的扭轉	357
§ 102. 小螺距螺旋彈簧的計算	359

## 第四篇 組合强度

第十章 直桿的組合强度	364
§ 103. 力在桿上作用的普遍情形	364
§ 104. 納維埃应力面和正应力普遍公式	367
§ 105. 斜弯曲。零線。求撓度	370
§ 106. 梁受斜弯曲的計算	373
§ 107. 不在一个平面內的力所引起的弯曲	378
§ 108. 拉伸或压縮和弯曲同时作用	380
§ 109. 偏心拉伸(压縮)	382
§ 110. 在桿的主平面內的偏心拉(压)力	385
§ 111. 断面核心	389
§ 112. 弯曲和拉伸(压縮)同时作用的計算例	393
§ 113. 圓断面桿受弯曲和扭轉同时作用	395
§ 114. 矩形断面桿受弯曲和扭轉同时作用	399
§ 115. 折軸桿(剛架)的弯矩圖和扭矩圖的繪制	402
§ 116. 曲柄軸	404
第十一章 平面曲梁	407

§ 117. 平面曲梁的弯曲問題的提出	407
§ 118. 正应力公式的導出	408
§ 119. 正应力公式的研究	417
§ 120. 曲梁受弯时正应力公式的另一形式	421

## 第五篇 材料的强度

第十二章 强度理論	426
§ 121. 概論	426
§ 122. 第一强度理論	430
§ 123. 第二强度理論	433
§ 124. 第三强度理論	437
§ 125. 莫尔理論	442
§ 126. 能量理論	448
§ 127. 按照各种强度理論的計算公式	455
§ 128. 關於强度計算理論的目前狀況	458

第十三章 材料的机械性質	461
§ 129. 材料的構造和破坏方式, 塑性和脆性状态	461
§ 130. 重复荷重所引起的屈服極限的提高	464
§ 131. 蠕滑, 后效和松弛	465
§ 132. 彈性滯后現象	468
§ 133. 溫度对金屬机械性質的影响	469
§ 134. 变形速度对材料机械特性值的影响	469
§ 135. 金屬的疲劳	471
§ 136. 疲劳極限圖以及疲劳極限和循环特性的分析关系	477
§ 137. 各种因素对疲劳極限的影响	485
§ 138. 应力集中的影响	488
§ 139. 許可应力和安全系数, 振动强度的計算	494

## 第六篇 彈性平衡形式的穩定性, 动力学問題

第十四章 縱弯曲	503
§ 140. 穩定的和不穩定的平衡形式	503
§ 141. 欧拉問題	504
§ 142. 有偏心距时的縱弯曲	510
§ 143. 各种桿端固定情形	513
§ 144. 欧拉公式的应用范围, 彈性極限以后的縱弯曲	518
§ 145. 縱弯曲的实际計算方法	521
§ 146. 縱橫弯曲	526

§ 147. 縱橫弯曲情形的安全系数	530
<b>第十五章 慣性力对应力和变形的影响</b>	<b>533</b>
§ 148. 由於运动而發生的应力, 慣性力	533
§ 149. 彈性桿受撞击时的应力	541
§ 150. 受撞击物体質量的影响	548
§ 151. 彈性桿內的变形傳播速度	551

### 第七篇 彈性系統的一般計算方法

<b>第十六章 虛位移原理应用在彈性桿</b>	<b>555</b>
§ 152. 虛位移原理, 廣义力和廣义位移	555
§ 153. 靜定系內力的确定	559
§ 154. 虛位移原理应用在彈性桿	563
§ 155. 雷次-鉄木生可方法	567
§ 156. 彈性平衡的穩定問題	569
<b>第十七章 莫尔方法</b>	<b>575</b>
§ 157. 方法的根据	575
§ 158. 桿內力的功	577
§ 159. 彈性桿的虛位移原理的普遍方程式	581
§ 160. 功的互等定理	585
§ 161. 位移記号系統	588
§ 162. 桿系的彈性位移的普遍公式	590
§ 163. 大螺距螺旋彈簧的計算	600
<b>第十八章 靜不定桿系</b>	<b>607</b>
§ 164. 一个多余未知量的桿系	607
§ 165. 大曲率桿弯曲时的靜不定情形	611
§ 166. 几个多余未知量的桿系	614
§ 167. 标准方程組及其簡化, 彈性中心	618
§ 168. 彈性能, 卡斯的諾定理	625
§ 169. 最小功原理	630

俄華人名对照表

中俄名詞对照表

## 緒 論

### § 1. “材料力学”的研究对象和在其他科学中的地位

工程师設計結構或机器时，必須解決很多和該結構物將來工作情形有关的各种問題。这些問題又牽涉到一系列的物理性質的科学，即物理、化学和力学，这些科学都是工程师所必須經常用到的；这些科学提出並且解決了許多在技術上很重要的問題。随着技術的發展，这种問題的数目增加極快，而且在很多情況下，这些問題已有了最合於工程实际的專門解法。同类的問題組成了新的所謂技術学科或工程学科，从力学、物理和化学中独立出來，这主要是在十九世紀。这些学科中主要的有：材料力学、机械原理、結構理論(建筑力学)、热工学、电工学、工業化学和其他；这些学科的基础是物理、化学和力学；这些学科的目的及其所用方法，決定於技術的要求。技術的進步直接決定技術学科的進步。物理、化学和力学通过技術学科而深入技術，帮助技術發展，技術則又反過來通过技術学科而深入一般理論学科，向这些学科提出新的問題，从而往往引起这些学科中新的方法的發展。

在那些用到力学的技術学科中，很自然地应用着或多或少的成熟的数学工具。於是最抽象的科学之一的数学也被吸引進了那种存在於理論科学和应用科学間的緊密联系和互相依賴性中。

只有在這種互相依賴性上，才可能作出對於材料力学的最完全的評述。

材料力学研究結構構件和机械零件的強度計算方法。这里說的是实际的物体，可見必須考慮物体的物理性質，因而必須通曉一系列的物

理知識、結構或机器的任一部分受着其他部分的作用；这种作用必須用力的形式表示出來，就是說，必須运用理論力学的知識。

实际的物体受力作用时，多少是要改变形狀(变形)的。物体的变形和所受的力有密切的关联；这种关联反映着物体受力作用时的極重要的物理現象；材料力学不能不考慮这种关联的。因此必須运用彈性理論的方法和知識。彈性理論是一門發生在十九世紀初叶、詳細研究彈性体和塑性体内这种关联的科学。

塑性材料受力时变形的理論在十九世紀就已經有了，但是到二十世紀，特別是在最近几年，才得到很大發展。現在已經独立成为一門科学，叫作“塑性理論”。苏联学者作了很多工作，發展了塑性理論，給了它完成的形式，使它能夠解决工程上的重要問題<sup>①</sup>。

材料力学中为了使問題解决較簡便而用的一些假定和簡化，根据的是彈性理論的較精確的解答；这些解答，因为太复雜，有时候不能在材料力学教程中講述，此时就只限於引用其結果；在类似这种情形，有时就不加証明地引用那些本身在直接的实际应用方面很重要的結果。然而日益增長着的对工程計算的完备和深度方面的要求，使彈性理論的方法得到了進一步用在材料力学上的权利。这种性質的問題在本書第二卷中研究。

上面所說的一切，主要地是評述了材料力学的理論部分；至於材料力学的實驗部分，它的意义並不比理論部分为小，即使不能說比后者为大。材料力学的實驗部分的目的是：

- (一) 研究材料受力作用而破坏的現象，确定这时候的温度和化学因素的影响；
- (二) 由試驗得到建立強度計算理論所必需的材料特性；
- (三) 檢驗根据理論作出的強度計算和机械零件及結構構件中的实际現象的符合程度。

<sup>①</sup> 这些工作往后在本書相当的地方再指出。



像在物理、化学和一些别的科学中一样，实验是着手解决提出的理论问题所必需的，也是最后解决这些问题所必需的；实验之所以需要，是因为解决问题必须根据物理定律，另外，实验之所以需要，也是为了检验所得到的解答，因为理论不可能同时并且足够深刻的考虑实际物体受力作用时发生的全部复杂现象，因而解答总是有些近似的。理论只是在它恰当的考虑了主要的，决定该现象的一切因素，并抛开那些只能使问题变复杂而对结果没有重大影响的一切因素时，才能指望成功和有实际应用。实验应该决定理论是成功的或不成功的。

由上所述，可见材料力学的实验和理论部分之间的联系紧密到什么程度；理论没有实验就不能建立；反过来理论不提出清楚的问题，不指示应该在什么方向期待回答，不指示什么应该在实验设备中务必要有，以及什么要取消，或什么要尽可能避免，那么实验就会失去它的目的性和明了性。

打下材料力学的基础的最先几个实验是在十七和十八世纪做的，做这些实验的是著名的物理学家：伽里略、虎克、马里奥特、杜加米里、库隆等。但第一次相当大规模的材料性质的试验是十九世纪初特里德高里特和特里福特做的。

十九世纪机器制造和铁路建设的发展，对于机械零件和结构构件的计算理论，以及对和这有关的金属及其他建筑材料的试验都提出了很大的要求。这一切的结果，一方面是材料试验专门试验室或“力学试验室”<sup>①</sup>的建立，另一方面要求编写材料力学的教科书并在高等工业学校内讲授这门课程，把这些方面的知识系统化和固定起来。早在十九世纪上半世纪，就有了纳维埃（法国人）的材料力学教科书。这里必须指出，在十九世纪的，以及一般地说，革命前的俄国工程书刊中，几乎没有注意俄国技术及技术科学的歷史，因而俄国学者和工程师所发现

<sup>①</sup> 这些试验室之所以称为“力学”的，是区别于化学试验室，那里也是研究材料，但是从材料的化学成份的观点研究的。