



中等專業學校教學用書

材料力学

P.C.基那索希維里著

高等教育出版社



中等專業學校教學用書



材 料 力 学

P. C. 基那索希維里著

陈 子 晴 等 譯

高等教育出版社



本書原系根据苏联國立技術理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的基那索希維里 (Р. С. Кинасшвили) 著的“材料力学初級教程 (Элементарный курс сопротивления материалов)” 1952 年第三版譯出的, 現在根据原書 1955 年第四版修訂本加以修改和補譯。第四版 (新版) 原書名已改為“材料力学” (Сопротивление материалов для техникумов), 并經苏联高等教育部中等專業教育司審定為中等技術學校教科書。

本書旧譯本系由第二机械工業部第四局學校管理处翻譯組 (這部分譯稿曾經該部工程師黃志千、方城金、李永熹同志校閱) 及交通大學講師陳子晴翻譯的, 并由后者負責校訂全稿, 最后修正稿曾經朱城同志校閱。

新譯本的修訂及補譯工作系由陳子晴同志一人担任。

材 料 力 学

P. С. 基那索希維里著

陳子晴等譯

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)

新华印刷厂印刷 新華書店总經售

書号 15010.00 開本 850×1168 $1/32$ 印張 10 $5/16$ 字數 297,000

一九五六年七月北京第一版

一九五六年十一月北京第三次印刷

印數 38,001—58,000 定價 (10) ¥ 1.00

目 錄

四版序言.....	7
第一章 緒論	9
§ 1. 科学——材料力学·关于变形和彈性体的概念.....	9
§ 2. 外力的分类.....	13
§ 3. 变形的形式.....	14
§ 4. 断面法·应力.....	17
§ 5. 复習問題.....	19
第二章 拉伸和压缩	20
§ 6. 縱向形变·应力·虎克定律.....	20
§ 7. 拉伸和压缩时的橫向形变.....	24
§ 8. 材料受拉伸的实驗研究.....	26
§ 9. 拉伸曲綫圖及其上各特性点.....	28
§ 10. 延后作用和冷硬	35
§ 11. 拉伸时的变形功	37
§ 12. 压缩試驗	41
§ 13. 硬度	43
§ 14. 复習問題	44
第三章 拉伸和压缩时的强度計算	45
§ 15. 許用应力和断面的选择	45
§ 16. 在拉伸或压缩时自重的影响	52
§ 17. 階段形杆	55
§ 18. 拉伸和压缩的靜不定問題	58
§ 19. 温度变化所引起的应力	62
§ 20. 按許可載荷計算靜不定系統	65
§ 21. 复習問題	70
第四章 复雜应力状态	71
§ 22. 受軸向拉伸或压缩时在斜断面上的应力	71
§ 23. 关于主应力的概念	75

§ 24. 在两个相互垂直方向受拉伸(或压缩)时斜断面上的应力	76
§ 25. 主应力的决定	78
§ 26. 在两个相互垂直方向受拉伸或压缩时的变形·单位变形功	82
§ 27. 强度理论	86
§ 28. 薄壁容器的计算	93
§ 29. 复习问题	97
第五章 剪切	98
§ 30. 关于割断和剪切的观念·切应力·剪切虎克定律	98
§ 31. 杆在两个相互垂直方向受到拉伸和压缩时的纯剪切	100
§ 32. 弹性模数 E 和 G 之间的关系	102
§ 33. 剪切许用应力	104
§ 34. 挤压	106
§ 35. 剪切计算和挤压计算的例题	107
§ 36. 焊接的计算	110
§ 37. 复习问题	113
第六章 扭转	114
§ 38. 扭矩图的作法·扭矩和功率以及转数之间的关系	114
§ 39. 圆轴扭转时应力和变形的决定	118
§ 40. 圆和圆环的极惯性矩和抗扭矩	124
§ 41. 扭转的计算方程式	126
§ 42. 关于矩形断面杆的扭转计算的概念	133
§ 43. 扭转时的位能	136
§ 44. 小螺距圆柱形螺旋弹簧的计算	137
§ 45. 按许可载荷计算轴	139
§ 46. 复习问题	141
第七章 平面图形的静力矩、重心和惯性矩	142
§ 47. 平面图形的静力矩	142
§ 48. 平面图形的惯性矩	145
§ 49. 当轴平行移动时惯性矩的换算公式	146
§ 50. 某些简单图形的惯性矩	148
§ 51. 计算一些由最简单图形组合而成的复杂图形之惯性矩	152
§ 52. 当轴回转过某一角度 α 时惯性矩的换算公式	154
§ 53. 主惯轴的概念及其位置的决定	157
§ 54. 主惯性矩的计算	160

§ 55. 复習問題	163
第八章 直梁的弯曲、弯矩和剪力	164
§ 56. 关于弯曲的一般概念	164
§ 57. 支座和梁的支座反力	167
§ 58. 支座反力的計算	168
§ 59. 剪力和弯矩	171
§ 60. 均布载荷的集度、剪力和弯矩之間的关系	174
§ 61. 弯矩圖和剪力圖的作法	175
§ 62. 复習問題	190
第九章 弯曲时的应力·梁的强度計算	191
§ 63. 弯曲时正应力的計算	191
§ 64. 一些最常見断面的抗弯矩	197
§ 65. 弯曲的計算公式·梁的計算的例題	201
§ 66. 矩形断面梁在弯曲时的剪应力·朱拉夫斯基公式	203
§ 67. 工字梁內的切应力	209
§ 68. 按主应力來驗算梁的强度	210
§ 69. 按許可载荷法計算梁	213
§ 70. 复習問題	215
第十章 梁的彈性曲綫	216
§ 71. 梁的彈性曲綫	216
§ 72. 彈性曲綫的一般方程式的推導	220
§ 73. 按彈性曲綫的一般方程式計算梁的变位的几个特殊情况	224
§ 74. 弯曲强度恒等的梁	231
§ 75. 复習問題	237
第十一章 靜不定梁	238
§ 76. 关于靜不定梁的概念	238
§ 77. 一端嵌入而另一端自由支承的梁	238
§ 78. 兩端嵌入的梁	243
§ 79. 三支座梁	247
§ 80. 复習問題	252
第十二章 复雜抗力	253
§ 81. 斜弯曲	253
§ 82. 弯曲与拉或压的合成	259

§ 83. 偏心壓縮	262
§ 84. 偏心壓縮或偏心拉伸的一般情况	263
§ 85. 关于断面核心的概念	266
§ 86. 弯曲和扭轉的同时作用	268
§ 87. 扭轉和拉伸或扭轉和壓縮的同时作用	273
§ 88. 复習問題	275
第十三章 縱弯曲	276
§ 89. 縱弯曲現象的实質	276
§ 90. 欧拉公式	278
§ 91. 欧拉公式的適用範圍・縱弯曲的計算表	283
§ 92. 縱弯曲的計算例題	285
§ 93. 复習問題	291
第十四章 在动力載荷和交变載荷下的强度	292
§ 94. 关于載荷的动力作用和交变載荷的概念	292
§ 95. 等速迴轉圓环的計算	293
§ 96. 受軸向冲击时杆內的应力和形变	295
§ 97. 金屬的冲击試驗	297
§ 98. 关于金屬疲乏的概念	298
§ 99. 材料的疲乏試驗	302
§ 100. 不对称循环中的疲乏極限	305
§ 101. 零件的絕對尺寸对疲乏極限数值的影响	306
§ 102. 在对称循环的交变应力下强度的計算	308
§ 103. 在不对称的应力循环下强度裕度的決定	310
§ 104. 近似疲乏曲綫圖的繪制,并据之而定出强度裕度	312
§ 105. 在有交变应力的复合应力状态下强度裕度的确定	321
§ 106. 交变載荷时强度計算的例題	322
§ 107. 复習問題	324
中俄名詞对照表	325

四 版 序 言

現在這第四版跟前一版比較起來，有了若干改動。最主要的改動是：更早地說明了關於主應力和強度理論的概念；討論了按許可載荷法計算結構的問題；介紹了關於焊接計算的概念和橫斷面的核心的概念，引進了歐拉公式的近似推導；補充了關於動力計算的知識。此外，還根據蘇聯高等教育部中等專業教育司的意見，更改了本書的書名（前几版的書名是“材料力學初級教程”）。

著者力求把那些對於技術員在工作中所必備的知識，作一初步敘述。書中列舉了許多例題，俾能幫助學生掌握理論內容並培養他們解決實際問題的技能。每章書末，均列有一些復習問題。

對於本書前一版提出寶貴意見的中等專業學校的學科委員會和教師們，著者由衷地表示深切謝意。在這一版的修訂時，很多這些意見都考慮進去了。

著者識

1877

1877

第一章 緒論

§ 1. 科学——材料力学·关于变形和彈性体的概念

在建筑物及机器工作的时候，它們都要受到外來載荷的作用；例如，在鐵路桥梁的桥墩上，就作用着通过桥上的火車的重量和桥本身的重量；在蒸汽机的活塞上，就作用着汽缸內蒸汽的压力。

为了使建筑物和机器零件(簡称为構件)能承受作用在它們上面的載荷而不损坏且不过度地变形，則它們就應該用適宜的材料做成并有相应的尺寸。構件的这些尺寸是根据計算而決定的。

材料力学就是一門从事于建立構件强度計算的原理的科学。

在決定所設計零件的尺寸大小时，要考慮到用來制造这一零件的材料的性質。为了合理地选择材料并能更充分地利用材料，我們就必須具备說明各种建筑材料(鋼、生鉄、木材、混凝土、石头等等)的最重要性質的数据。这里我們首先要注意的是表示材料强度的数据，而所謂材料的强度，就是材料抵抗外來載荷而不损坏的能力。

有关材料强度的許多实验研究的問題，在目前已得到了廣泛的進展。材料力学一方面和材料学以及材料試驗的研究有关，另一方面也和理論力学緊密地連系着。

材料力学也以理論力学的定律和定理为基础，可是材料力学有它自己独特的問題，与理論力学的問題不同。为了解决这些問題，在材料力学中就引用一些新的概念。

这些新概念中最重要和最基本的，是变形和内部彈性力的集度，即应力的概念。問題是这样，在理論力学中，为了簡化問題，都把固体当作剛体，即假定在外力的作用下，固体本身的形状是絕對不改变的。可

是，由實驗知道，在外力作用下，所有的固体都是要變形的。

在外力作用下固体要改變形狀，是固体的基本性質之一。此外，固体有能力來抵抗改變其質點間的相對位置。這表現于：在物体内有力產生，這些力不僅阻碍着物体的變形，同時還要使各質點恢復到它們在變形前所占的位置。這種力叫做內力或彈性力。在外力停止作用後，固体要消除由外力所引起的形變^①，這一特性就叫做彈性。

物体如能在外力作用中止之後，完全消除由外力所引起的形變，叫做完全彈性體或絕對彈性體。完全非彈性體是這樣一些物体，在外力作用中止之後，在物体内產生的形變將被完全地保留着。

在自然界中，既沒有完全彈性體，也沒有完全非彈性體。可是，像鋼、木材等材料，就其性質而論，是很接近于完全彈性體的。但這些材料也只在一定的、由實驗規定的載荷限度以內，才能被認為是完全彈性體。超過了這個限度，在作用着的外力除去之後，物体内也殘留着不可忽略的形變。

在外力作用中止之後能完全消失掉的形變叫做彈性形變。消失不掉的形變則叫做殘余形變或塑性形變。設計構件時，照例應使物体有這樣一些幾何尺寸，使在物体中不致產生殘余形變。

如上面所講，作用在固体上的外力將在固体中引起對抗這些外力的內力。例如，假使外力是拉固体，內力就要對抗這個拉伸，而物体内各質點間的相互引力就開始作用。內力的作用是隨着外力的加大而增加的。但是，對每一種材料而言，內力的增加只能在這一材料所特有的一定限度之內發生。所以，外力只可以大到這樣的程度，使物体的內力在給定的幾何尺寸下能與之平衡，否則物体就將損壞了。

現在，多少已經熟悉了一些關於形變和物体內部彈性力的概念，我們也可以更明確地來說明材料力學所研究的內容。材料力學是要在外

① 今後，我們把“形變”一詞當作具體名詞，即了解為變形的大小；至於“變形”則作為抽象名詞，或者當作動詞來看待——譯者注。

力作用的各种不同場合下，确定外力、構件的几何尺寸、所產生的彈性和形变四者之間的数学关系。利用这些关系以及材料强度的特性，就能决定設計構件所必需的尺寸。在确定这些关系时，要作若干假定和限制。这些假定和限制都是必要的，因为要把所研究現象的全部複雜性一下概括尽是不可能的。

首先，制造構件的材料都被假定为：在物体的所有各点，都是連續的、均匀的，并在各个方向都有相同的性質（即各向同性的）。

事实上，某些建筑材料，如鑄造金屬，都有很高的均匀性（在这里，生鉄是例外）。其他一些建筑材料，諸如木材等所具有的均匀性就較金屬的为差。材料愈均匀，同时它在所有各部分各个方向的性質愈相同，則理論的結果也愈能符合于实验。

在材料力学中，照例只討論这样一些問題：物体受外來載荷作用后所產生的形变比起物体本身的尺寸來都是很小的。这一点，使我們可以忽略：由于物体变形而引起的、作用在物体上的外力位置的改变。

除了已經列举的一些假定以外，在材料力学中还有着其他的假定和假設，这些都將在書中有关章節分別說明。

在选择材料和决定構件的形狀和尺寸时，要注意到一系列的基本問題：这構件在將來的工作条件，对它的强度、耐久性和經濟性的要求。

在某些場合，对設計的構件还提出其他特殊的要求；例如，在設計飛機和航空發動机的零件时，重量要輕就是这类特殊的要求。当然，对臨時性的建筑物，譬如在战时用的，就和对那些造來要用很多年的建筑物提出不同的要求。对結構所提的某些要求，例如强度高、重量輕和經濟性是彼此矛盾的。例如，加厚了航空發動机的汽缸壁，可以增加汽缸的强度和可靠性，但是，它的重量就要增加了；或者，为了適應重量輕的要求而把航空發動机的曲軸鑽空，这样，曲軸的重量是減輕了，可是加工就会增多，也就是它的全部成本要提高。

在选择結構各部分的材料和决定它的尺寸时，必須同时考慮到对結構所提出的全部要求：基本的要求（如强度、耐久性、經濟性）以及对

這一構件所提出的特殊要求。所提這些要求之間的矛盾，是材料力學這門科學發展的動力之一。

沒有材料力學的基本知識，就不可能造一部即使不複雜的機器，使能符合於對每一結構所提出的要求。

在材料力學中，試驗和理論兩者之間是緊密連系着的；這門科學是理論的同時又是試驗的。所有理論上的假定和推論以後都要經過實踐的考驗，也只有它們的真實性被証實之後，它們才能被作為真理來接受。由於問題的過於複雜以致理論不能解決時，試驗就被用來輔助理論。

隨着技術的進展，材料力學也將獲得更大的意義。

古時的建築者並沒有理論，只不過在膚淺的經驗指導下，摹仿一些熟悉的模型；它們的建築物以笨重著稱，並且常常要經過整個世紀才能造好。隨着十七世紀國際間航海貿易、冶金、采礦事業等的發展，也就出現了解決有關船舶和建築物等較複雜的強度問題的必要性。老一套方法變為不適用了。而這個時候，一般就認為是材料力學這門科學發展的開端。

強度學領域內的最初一些研究，是在十七世紀的前半期由伽利利·伽利略（Галилео Галилеом）開始進行的。在1678年，洛勃脫·虎克（Роберт Гук）根據了某些觀察的結果，作出了重要的定律，証實：在彈性體中，形變的大小是和載荷成正比例。

很多學者用他們自己的成就促進了材料力學的發展。俄國人民中曾涌現出許多最偉大的學者和工程師，他們的研究都是對材料力學這門科學的巨大貢獻。

杰出的建築工程師茹拉夫斯基（Д. И. Журавский）（1821—1891）曾進行了許多光輝的研究，這些研究使他發展了梁彎曲的理論，並創造了計算斜杆桁架的方法。關於曲杆強度問題的第一個準確解答，是由郭洛維納（Х. С. Головина）提出的。

在十八世紀，彼得堡科學院院士列奧那達·歐拉（Леонард Эйлер），解

決了有关压杆^①的穩定問題。十九世紀末叶,叶辛斯基(Ф. С. Ясинский)在这方面的成就,为压杆的近代計算方法的發展奠定了基礎,因而獲得了世界声望。世界上首先在桥梁建筑中采用鑄鉄的別列柳勃斯基(Н. А. Белелюбский)教授,曾任國際材料試驗协会会長多年。基尔比却佛(В. Л. Кирпичёв)教授曾在材料力学的範圍內,寫下了許多杰出的著作。当时最偉大的数学家和力学家之一,克萊洛夫(А. Н. Крылов)院士,曾研究出船舶計算的理論,以及計算彈性基礎梁的理論;他在振动方面的著作,全世界都在廣泛地采用。噶達尔金(Б. Г. Галёркин)院士在一般理論方面、在平钣計算範圍內的一系列研究的結果,以及他計算复雜構件的近似方法,也都得到了世界盛名。

在偉大的十月社会主义革命之后,在关于强度的科学內,苏联学者已担当了領導的角色。只有很好地熟悉了这門科学,特别是它最近的成就之后,才能对那些由俄國及苏联学者帶給这門科学的偉大貢獻作出完全的估价。

§ 2. 外力的分类

外力(載荷)可以按不同的方式作用于机器和建筑物的各部分上。按作用的方式,力可以分为体積力和表面力兩種。例如,物体的自重就是体積力的一种。表面力又可分为分布的和集中的兩種。沿某一面積或長度作用的力叫做分布力。例如,屋頂上的一層雪就是在面積內的分布載荷。这种載荷的單位是用每單位面積上力的大小(公吨/公尺², 公斤/公分²)來表示。沿長度分布的載荷(單位綫長度內的載荷)則以單位長度內力的大小(公吨/公尺, 公斤/公分)來表示。

載荷可以沿了長度或在面積內均匀分布,或者不均匀分布。例如,水壩上所受的水压力就是不均匀的:压力随了深度而增加。

分布在物体上非常小的一塊面積內的力,叫做集中力。

为了計算簡便起見,都假定集中力是作用在一点的;这样的簡化,

① 压杆即柱——譯者注。

一般不會引起顯著的誤差。集中力是用力的單位，即公斤或公噸來度量的。

載荷可以是經常不變的和暫時的。在建築物的基礎上，作用着建築物的重量；這個載荷是經常不變的。在起重機的鏈條上，就作用着暫時載荷——被吊起來的重量。此外，載荷又可分為靜載荷和動載荷。慢慢地由零增加到某一定的最高數值，以後就保持不變，或者變動得非常小的載荷，都叫做靜載荷。

蒸汽錘錘頭對木樁的作用，就是動載荷的一例，這時，載荷作用的時間是用秒的小數來計算的。

隨時間而變動的周期性載荷，也屬於動載荷之列。

作用在發動機連杆上的、連續不斷在改變大小和方向的載荷，則是這類變動載荷的實例。在連杆工作時，這載荷交變的次數，常常要達到好幾百萬次。

§ 3. 變形的基本形式

外力按各種不同的方式，作用在建築物和機器的構件上。因此，在建築物和機器的構件中，由外力所引起的變形，也非常複雜。不過，這些複雜的變形常常可以當作是由少數幾種基本形式的變形所組合而成。

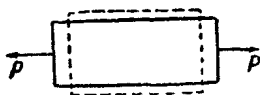


圖 1.

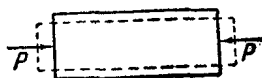


圖 2.

在材料力學中所研究的這些變形的形式是：1) 拉伸(圖 1)；2) 壓縮(圖 2)；3) 剪切(圖 3)；4) 扭轉(圖 4)；5) 彎曲(圖 5)。

同時受到拉伸和扭轉(圖 6)或者同時受到拉伸和彎曲(圖 7)，都可以作為複合變形的實例。

在本書的相應各章中，將詳細地討論上述各種形式的變形，給出決定變形和應力的大小的方法。可是應該注意：在材料力學中，只討論那

些形状简单的物体的变形。属于这类物体的，有：杆、钣和薄壁壳。

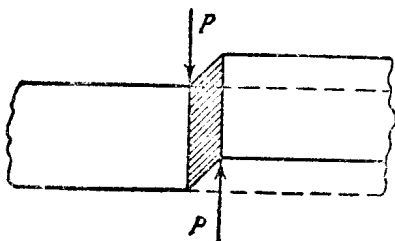


圖 3.

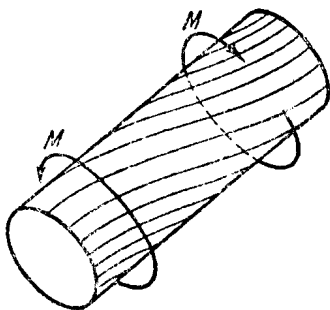


圖 4.

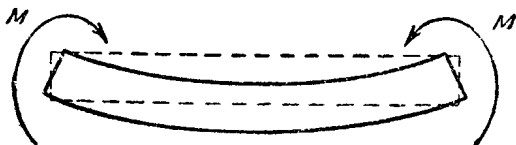


圖 5.

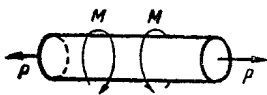


圖 6.

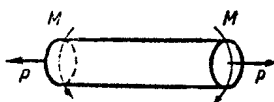
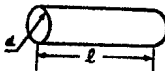


圖 7.

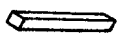
一个固体，如它的横向尺寸的数值是属于同一数级而它的长度却相对地很大时，就叫做杆^①。杆的轴 AB 可以是曲线，也可以是直线（圖 3, a 和 6）。根据它们任务的不同，直线轴的杆又分别称为棒、梁和支柱。

若固体的厚度比起它在其他两个方向的尺寸来是非常小时，这一

① 这里的意思是说：杆的长度要相对地很大，但杆的横向尺寸本身却不能大小悬殊，应该属于同一数级。如刚体的断面是圆的，只要 $l \gg d$ ，就可以当作杆。但是，对于矩形断面（ $b \times h$ ）的杆，则除了要求 $l \gg b$ 和 $l \gg h$ 之外， b 和 h 这两横向尺寸却不能相差过大。因此



可以当
作杆，而



却不能作为杆，
而只能当作板

或钣来看待——译者注。

固体就叫做**钣或薄壁壳**。例如，圓柱形蒸汽鍋爐、箱、各种各样的水槽等就是薄壁壳；而鍋爐內平的底钣就是钣。

在材料力学中，主要討論杆。今后，我們只討論直綫軸的杆，并且

几乎都是等断面的。

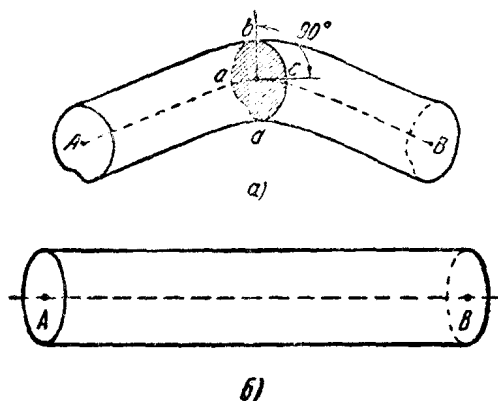


圖 8.

在設計机器时，常常碰到一些形状复雜的構件。这类構件是不能用材料力学的方法来計算的。大多数这类構件可以近似地在杆的概念下被接受，它們也可以像杆一样用材料力学的方法来計算，可是所得

的結果是不会准确的。准确的結果可以由实验方法得到。

近來在實踐中，已廣泛采用实验方法来測量形变，这类方法可以足够精确地量出在形状复雜的零件內的应力而不必進行理論計算。

研究那些准确决定形变和应力問題的科学，叫做**彈性理論**。在彈性理論中，不得不应用繁复的数学方法。但在实际上計算机器或建筑物的構件时，往往不需要太高的精确度；精确度只須足够，但計算的方法却应尽量簡單，使得这些方法便于使用。因而在計算机器或建筑物时，一般都采用材料力学的方法，这些方法比起彈性理論中的方法要簡便得多，并且給出足够精确的結果。当然，也有一些題目只能用彈性理論的方法来解。材料力学所用方法之所以簡便，是因为引進了若干在彈性理論中不作的假定。

在材料力学中，以及在彈性理論中，都只討論彈性形变。可是在实际工作中常会碰到不少在材料中有塑性形变產生的場合，例如在把鋼鍛冶和軋压时。塑性形变是在塑性理論这門科学中研究的。这門科学，比起材料力学和彈性理論來，还是非常年青的，它在最近才得到較