

格·斯·皮萨连柯

[苏] 阿·波·雅柯符列夫 著

符·符·马特维叶夫

C AILIAOLIXUE

材料力学
手册

河北科学技术出版社

S H O U C E

TB 301-62

P 49

材料力学手册

格·斯·皮萨连柯

〔苏〕阿·波·雅柯符列夫 著

符·符·马特维叶夫

宋 俊 杰

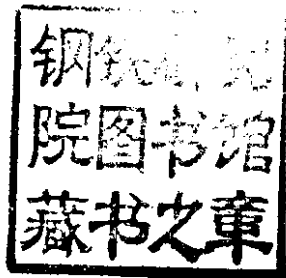
译

刘 茂 江

宋 俊 杰

校

6711/09



河北科学技术出版社

材料力学手册

格·斯·皮萨连柯

〔苏〕阿·波·雅柯符列夫 著

符·符·马特维叶夫

宋俊杰 刘茂江 译

宋俊杰 校

河北科学技术出版社出版 (石家庄市北马路45号)

邯郸地区印刷厂印刷 河北省新华书店发行

850 X 1168毫米 1/32 24·75 印张 4 插页 612,000字 印数: 1—8,000 1984年12月新1版

1984年12月第1次印刷 统一书号: 15385.5 定价: 3.70 元

内 容 提 要

本手册内容包括高等工科院校材料力学课程的各种主要内容，以及一些范围相当广泛的典型构件的计算资料。本书可供各专业的工程师、从事强度计算的实际工作者、以及高等工科院校的大学生使用。同样适用于大学的教师 and 研究生。

评阅者：技术科学博士波·姆·瓦尔瓦克

СПРАВОЧНИК ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

1975

**Г. С. ПИСАРЕНКО,
А. П. ЯКОВЛЕВ,
В. В. МАТВЕЕВ**

说 明

《材料力学手册》是一本材料力学方面的工具书，可供工程技术人员和从事强度科学研究的科技工作者参考，也可作为高等工科院校的高年级学生、研究生、教师的参考书。本书内容简明扼要，每一章后面附有大量资料、附表，以供查阅。

本书初稿完成后，由北京农机学院余新福教授进行了审阅，并提出了宝贵意见，李润乙、冯军、王志云、杜钢同志协助做了大量工作，在此表示感谢！由于我们水平有限，书中难免存有错误之处，希望读者提出批评、指正。

译者

目 录

序	(1)
第一章 绪论	(3)
§ 1. 材料力学及其研究对象	(3)
§ 2. 变形形式·材料变形状态的概念	(5)
§ 3. 基本假设	(8)
第二章 平截面的几何性质	(10)
§ 4. 静面矩·面积重心	(10)
§ 5. 平面图形的惯性矩	(11)
§ 6. 复杂截面的惯性矩	(14)
§ 7. 平行移轴的惯性矩	(14)
§ 8. 坐标轴转动时, 惯性矩的变化	(15)
§ 9. 主惯性轴方向的确定·主惯性矩	(16)
§ 10. 惯性矩的图解·惯性半径和惯性椭圆概念	(19)
§ 11. 截面系数	(23)
§ 12. 计算步骤	(24)
第三章 外力和内力·截面法·内力图	(105)
§ 13. 外力的分类	(105)
§ 14. 内力·截面法·内力图	(107)
§ 15. 梁及其支座	(111)
§ 16. 支反力计算	(113)
§ 17. 梁截面内的力和力矩	(115)

§ 18. 梁弯曲时的微分关系·Q 图和 M 图的某些特点·····	(116)
§ 19. 画静定框架受力图·····	(118)
§ 20. 画曲杆的受力图·····	(119)
§ 21. 平面曲杆弯曲时的微分关系·····	(121)
§ 22. 空间杆系内力图的绘制·····	(122)
§ 23. 截面内的应力·····	(124)
§ 24. 强度和刚度条件·····	(127)
第四章 材料在拉伸和压缩时的力学性质 ·····	(152)
§ 25. 拉伸和压缩时的应力与变形·····	(152)
§ 26. 材料的拉伸和压缩试验·····	(155)
§ 27. 应力集中·····	(162)
§ 28. 许用应力·····	(164)
第五章 应力和变形状态 ·····	(168)
§ 29. 点的应力·主平面和主应力·····	(168)
§ 30. 线应力状态·····	(170)
§ 31. 平面应力状态·····	(171)
§ 32. 平面应力状态的正运算·应力圆·····	(173)
§ 33. 平面应力状态的逆运算·····	(175)
§ 34. 三向应力状态·····	(176)
§ 35. 三向应力状态下的变形·广义虎克定律·····	(178)
§ 36. 变形位能·····	(181)
第六章 强度准则 ·····	(183)
§ 37. 主要强度理论·····	(183)
§ 38. 一些新的强度理论的概念·····	(188)
第七章 拉伸和压缩 ·····	(199)
§ 39. 考虑杆件自重时的拉伸(压缩)计算·····	(199)
§ 40. 等强度拉(压)杆·阶梯杆·····	(201)

§ 41. 静不定结构·····	(202)
§ 42. 柔索计算·····	(205)
第八章 剪切 ·····	(216)
§ 43. 剪切·剪切力计算·····	(216)
§ 44. 纯剪切·····	(217)
§ 45. 剪切力计算的某些示例·····	(220)
第九章 扭转 ·····	(229)
§ 46. 扭转时的应力与变形·····	(229)
§ 47. 非圆截面杆的扭转·····	(235)
§ 48. 螺旋弹簧计算·····	(241)
§ 49. 扭转时的应力集中·····	(244)
第十章 弯曲 ·····	(246)
§ 50. 平面弯曲时的正应力·····	(246)
§ 51. 弯曲时的剪应力·····	(250)
§ 52. 弯曲强度计算·····	(253)
§ 53. 弯曲时的应力集中·····	(256)
§ 54. 梁的挠曲轴 (弹性线) 微分方程·····	(261)
§ 55. 按初参数法计算梁的位移·····	(267)
§ 56. 变截面梁的强度和刚度计算·····	(273)
§ 57. 考虑惯性力的弯曲计算·····	(279)
§ 58. 薄壁型材梁弯曲时的剪应力·弯曲中心·····	(280)
§ 59. 弹性基础梁的计算·····	(284)
§ 60. 材料不遵守虎克定律的梁的弯曲·····	(289)
第十一章 复合抗力 ·····	(314)
§ 61. 复合弯曲和斜弯曲·····	(314)
§ 62. 拉伸弯曲·····	(319)
§ 63. 扭转变曲·····	(323)

第十二章 弹性系统的一般定理·确定位移

的一般方法..... (332)

§ 64. 广义力和广义位移..... (332)

§ 65. 外力的功..... (335)

§ 66. 内力的功..... (336)

§ 67. 虚位移原理在弹性系统中的应用..... (338)

§ 68. 功的互等定理·位移互等定理..... (342)

§ 69. 确定位移的一般公式·莫尔法..... (343)

§ 70. 温度变化引起的位移..... (345)

§ 71. 按维列沙金法计算莫尔积分..... (347)

§ 72. 变形位能..... (349)

§ 73. 卡斯奇梁诺定理·拉格朗日定理..... (350)

§ 74. 最小位能定理..... (352)

第十三章 静不定系统..... (360)

§ 75. 计算静不定系统的基本步骤..... (360)

§ 76. 力法正则方程式..... (364)

§ 77. 多跨连续梁·三弯矩方程..... (368)

§ 78. 静不定曲杆计算..... (372)

§ 79. 静不定系统位移的确定..... (375)

§ 80. 空间刚架系统计算..... (378)

第十四章 平面曲梁计算..... (426)

§ 81. 大曲率梁应力的确定..... (426)

§ 82. 强度计算..... (431)

§ 83. 位移的确定..... (432)

第十五章 厚壁圆筒和转盘计算..... (446)

§ 84. 承受内外压力的厚壁圆筒..... (446)

§ 85. 组合圆筒计算..... (452)

§ 86. 厚壁圆筒的温度应力..... (455)

§ 87. 转盘计算.....	(460)
第十六章 薄壳计算	(469)
§ 88. 按无矩理论进行薄壳计算.....	(469)
§ 89. 薄壳内的撑环.....	(475)
第十七章 按极限状态进行结构计算	(483)
§ 90. 极限状态的基本概念.....	(483)
§ 91. 拉伸和压缩计算.....	(485)
§ 92. 扭转计算.....	(486)
§ 93. 弯曲计算.....	(488)
第十八章 压杆的稳定性	(492)
§ 94. 稳定和不稳定弹性平衡.....	(492)
§ 95. 确定压杆临界载荷的欧拉公式.....	(493)
§ 96. 杆端固定条件对临界力数值的影响.....	(496)
§ 97. 应力超过材料比例极限时的失稳.....	(500)
§ 98. 用基本许用应力折减系数计算压杆稳定性.....	(503)
§ 99. 压杆材料及横截面合理形状的选择.....	(505)
§100. 纵——横弯曲.....	(506)
第十九章 弹性振动	(568)
§101. 机械振动的分类.....	(568)
§102. 单自由度自由振动系统.....	(571)
§103. 简谐激振时, 单自由度系统的强迫振动.....	(575)
§104. 阻尼力与振动速度成正比时, 单自由度系统的自由振动.....	(577)
§105. 阻尼力与振动速度成正比时, 单自由度系统的强迫振动.....	(579)
§106. 轴的临界转速.....	(582)
§107. 多自由度弹性系统的自由振动.....	(584)
§108. 杆件的纵向振动和扭转振动.....	(593)

§109. 棱柱的横向振动·····	(598)
§110. 振动时的能量守恒定律·····	(603)
§111. 确定弹性系统固有振动频率的 若干近似方法·····	(605)
第二十章 交变应力作用下的材料强度 ·····	(627)
§112. 材料的疲劳现象·····	(627)
§113. 持久强度极限的确定方法·疲劳曲线图·····	(630)
§114. 结构工艺因素对材料持久强度极限的影响·····	(634)
§115. 交变载荷作用下的强度计算·····	(640)
第二十一章 冲击载荷计算 ·····	(650)
§116. 轴向载荷作用下的冲击计算·····	(650)
§117. 扭转冲击时的应力·····	(655)
§118. 弯曲冲击时的计算·····	(656)
第二十二章 接触应力 ·····	(663)
§119. 接触应力和变形的基本概念和计算公式·····	(663)
§120. 接触应力的强度校核·····	(668)
补充 材料力学中九种新的类比法 ·····	(686)
附表	
1. 材料的物理机械性质 ·····	(692)
2. 应力集中系数和应力集中敏感性系数 ·····	(730)
3. 克雷洛夫函数 S 、 T 、 U 、 V ·····	(758)
4. 计算常截面弹性基础梁的克雷洛夫函数 ·····	(771)
参考文献 ·····	(774)
表格目录 ·····	(777)

序

材料力学是一门技术基础课程。差不多在培养任何专业的工程师时，材料力学都起着重要的作用。特别是对于力学专业、机械制造专业和建筑专业，则有着更加重要的意义。

在高等技术学校，反映科技现状的新学科的教学大纲的引言中，在有限的教学期限中对材料力学的讲授时间进行了压缩。为补充由此而出现的大学生们在材料力学方面知识的不足，使他们按一本合适的教科书，通过自学某些必要的章节，达到某种程度，对未来的工程师来说这是重要的。

在苏联多次出版了萨·巴·铁摩辛柯、那·马·别辽耶夫、瓦·伊·费奥多西叶夫和一些其他作者的材料力学教科书。出版一本足够全面的反映强度科学现状的材料力学手册，无论是广大的从事生产工作的工程师、设计师，还是科学工作者，都很关切此事。可惜，这样一本手册无论在国内，还是在国外都还没有。现有的材料力学简明手册和建筑力学简明手册，都带有专门化的特点。而且，一些最重要的篇章的材料，取自各种不同的材料力学教程，建立在不同的途径上。本书作者给自己提出编写一部内容完整、通用的材料力学手册。目的是反映强度科学的现状，并以统一的见解提出参考材料，以便和相应的理论书籍一致。作为一本新书参考了加·萨·皮萨连柯、瓦·阿·加列夫、阿·勒·克维特卡、符·格·波波柯夫、艾·斯·乌曼斯基的《材料力学》教科书。1973年基辅《Вища школа》第三版。该书反映了在基辅综合技术学院的多年材料力学的教学经验，和这本教科

书以往两版，在国内很多高等学校的使用经验。

在每一章最终公式、图表参考材料的前边，简单阐述了本章的基本理论前题。同时阐明了原始假设、相应的法则、定理，并给出重要的结论、建议。为便于使用参考资料，在 777 至 779 页列有书中所有表格的目录。

我们希望：这本手册不仅适用于各专业的设计工程师和生产工作者，从事强度计算的实际工作者，同样适用于大学生、研究生、教师和科学工作者。

第一章 绪 论

§ 1. 材料力学及其研究对象

材料力学是一门对结构物和机器构件的强度、刚度和稳定性，进行工程计算的科学。

强度——结构物及其构件、零件承受一定载荷而不破坏的能力。

刚度——结构物及其构件抵抗外载荷时的相对变形能力（改变形状和大小）。在一定的载荷下，变形不应超出结构所允许的范围。

稳定性——结构物及其构件保持弹性平衡初始状态的能力。

为使结构完全满足强度、刚度和稳定性的要求，必须使结构本身具有最合理的形状和尺寸大小。

材料力学所解决的问题，无论是在理论基础方面，也无论是在试验数据方面，对这门科学，都具有同样重要的意义。

材料力学的理论部分，是建立在理论力学和数学的基础上，而在试验方面，则是建立在物理学和材料学的基础上。

材料力学是研究机器和结构物强度的最一般的科学。没有材料力学的基础知识，而想制造各种机器和机构、民用建筑和工业建筑、桥梁、输电线路和天线、飞机库、船舰、飞机和直升飞机、透平机、各种电机、原子能动力设备、火箭和喷气技术等，是不可思议的事。

材料力学并不解决变形物体的全部力学问题。而由一些其他相邻近的学科研究这些问题。如杆系建筑力学、弹性理论和塑性理论。但是，解决强度问题的主要作用属于材料力学。

在结构物和机器的形形色色构件中，我们可以归结为不多几种基本形状。具有这些基本形状的对象是进行强度计算、刚度计算和稳定性计算的对象。这就是杆件、板和壳、块体。

一个尺寸（长度）大于另外两个尺寸（横截面尺寸）很多的物体，我们称之为杆件或梁（图1）。在工程问题上有轴线为直线的直杆（图1.a）和轴线为曲线的曲杆（图1.b）。无论是直杆，还是曲杆，都有等截面（图1.a）或变截面的（图1.c）。梁、转轴、轴是直杆的例子。起重钩、链环等则是曲杆的例子。横截面形状复杂，并且壁厚比轮廓尺寸小很多的杆称为薄壁杆（图1.d）。

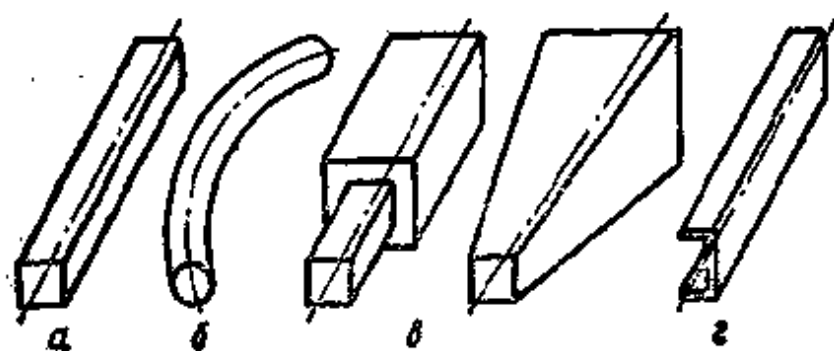


图 1

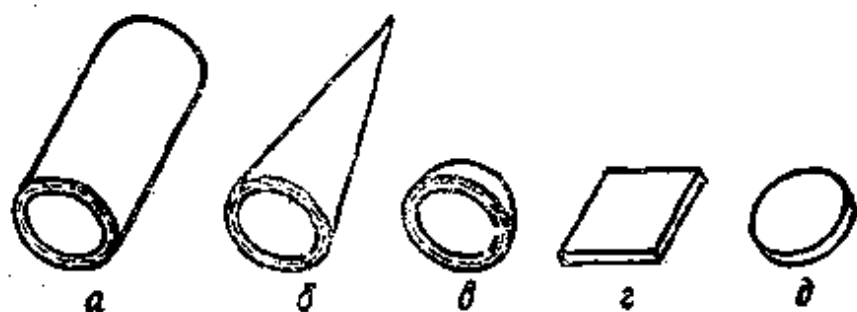


图 2

壳是由两个彼此相距很近的曲表面所围成的物体。也就是物体的一个尺寸（厚度）小于另外两个尺寸很多。与壳的两个曲表

面等距的点所在的几何位置叫中面。壳按中面的形状，可分为圆柱形（图 2.a）、圆锥形（图 2.6）、球形（图 2.6）等。薄壁容器、锅炉、建筑物的圆屋顶、飞机机身的外壳、飞机机翼、船体等均属于壳体。

如果壳的中面为平面，此时壳称为板（图 2.v）。板可以是圆形的、直角形的，或其他形状的。象壳一样，板可以是等厚的，或不等厚的。容器的底和盖（图 2.6）、工程结构物的顶盖、透平机叶轮等均属板。

三个尺寸在同一个数量级的物体称为块体。如建筑物的基础、支撑墙等。

通常，材料力学处理问题的方法，是在一些简化假设和试验资料的基础上，利用简单的数学方法，得到一些适用于工程实践的计算公式。在材料力学中，所研究的主要对象是直杆。

§ 2. 变形形式 · 材料变形状态的概念

真实的物体能够变形，也就是能改变自己的形状和大小。物体的变形是由于外力对物体加载，或者温度的变化而产生的。物体变形时，其各点，以及想象中的引出线或者截面，在平面内，或空间相对于其原始位置移动。

对固体加载时，固体内部质点间将产生相互作用的内力，来反抗外力，并力图使固体的各质点回到变形前的位置。

弹性变形，是当力的作用终止时，变形也随之消失。而塑性变形或者叫残余变形，是当除去载荷以后变形继续存在。在大多数情况下，对构件的变形量都有一定的限制。

材料力学研究下列基本变形形式：拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲，以及由这些基本变形形式所组合而成的较复杂的变形。



图 3

沿直杆轴线方向作用着相反方向的力时，产生拉伸或者压缩变形（图 3）。此时杆件的横截面产生沿轴线的位移，拉伸时伸长，压缩时缩短。杆件原始长度 l 的

变化量 Δl ，在拉伸时叫绝对伸长，在压缩时叫绝对缩短。

绝对伸长（缩短）量 Δl ，与原始长度 l 之比，称为长度 l 的平均相对伸长（缩短），或者称为线段的平均相对线变形。通常用字母 ε_{cp} 表示，即：

$$\varepsilon_{cp} = \frac{\Delta l}{l}.$$

真实的点的相对线伸长，或者相对线变形，可当成在 $l \rightarrow 0$ 时，线段的相对变形那样确定，即：

$$\varepsilon = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{l}.$$

很多构件是在拉伸或压缩状态下工作：桁架的杆件、立柱、机器的活塞连杆、拉紧螺栓等。

当外力使杆件的两个平行截面间发生相对位移，而两平行平面之间的距离不产生变化时为剪切变形（图 4）。位移量 Δs 称为剪切变形。剪切变形与两个发生位移的平面之间距离的比（ γ 角的正切）称为剪应变。由于 γ 角很小，可以取

$$\operatorname{tg} \gamma \approx \gamma = \frac{\Delta s}{a}.$$

剪应变就是表徵单元体偏斜的角变形。

固定构件的铆钉和螺钉的工作情况，属于剪切变形，外力力图使两个平行平面彼此间发生滑动。