

122625

材料力學簡明教材

上 冊

金 懿
梁 治明
胡 沛泉

熊 樹人
丘 佩源
崔 振源

徐 世鉅
陸 耀洪
周 建功

合 編



西 安 航 空 学 院 代 印

1957年7月

321
3047
218

初 版 自 序

簡明教材的分工如下：(1)交通大学担任8—12章(金繼編8及10兩章，熊樹人編9及11兩章，徐世鈺編12章，墨綫圖系交大教材供应科繪圖組所制)；(2)南京工学院担任13—16章(梁治明編13章，丘佩編14章，陆耀洪編15及16兩章，墨綫圖系南工教材繕印科所繪)；(3)华东航空学院担任緒論及1—7章，(胡沛泉編1、6及7三章，崔振源編2及3兩章，周建功編緒論及4和5兩章，陈鑫根繪制墨綫圖)。

各校所担任的部分先在校內討論，然后将初稿油印分寄其他二校各一份。各校根据油印稿提出意見，然后三校代表开会討論決定如何修改。根据會議決定，各校將初稿自己改正。改正后的稿件再由华东航空学院負責最后修訂一下，使前后內容連貫、体裁一致。

最后修訂的工作由航院胡沛泉、崔振源及周建功共同負責进行。图的修改由航院陈鑫根及崔振源負責。在排版过程中，并由航院崔振源、吳富民及胡沛泉詳細进行校对。

从2月初旬工作开始到6月下旬上册印好，为时不到五个月。我們大胆地在这短期內完成这一件工作是因为考虑了如下的有利条件：(1)有了高教部頒布的165学时机械类型的教学大綱，內容的范围有所遵循；(2)有了許多苏联教材譯本，在內容的具体編写方面有所参考，特别是在先后次序方面我們大体上按照別辽耶夫所著「材料力学」，省去不少編写时间；(3)有了使用苏联教材几年的教学經驗；(4)有了三个学校許多教師的集体力量。特別还值得提出的是能够及时滿足开学需要的这一点；我們觉得必需把能够提高的質量立刻反映到教学实践中去，使当前的学生受益。我們相信三校集体所写的書、至少要比各校各自編写的講义要全面一些，簡明一些，其內容也較能適合多数同学的水平。在这些意义上，我們才大胆地在短期內印出这本上册。

征求預訂后，各校訂購的冊数頗多。根据42个学校的預訂数字，我們共印

4700本。由于大量白报纸一时不能买到，我们采用了道林纸；这在某种程度上增加了学生的经济负担，特此说明希望读者原谅。在字体方面，由于航院印刷厂的设备尚欠齐全，存在着严重的缺点，须在下册的印刷工作中设法改进。

在使用这本教材的过程中，一定会发现许多缺点。希望各校师生，特别是采用为学生课本的上海造船学院、太原工学院、华中工学院、重庆大学及合肥矿业学院，多多地予以指出以便在再版时修正。这对于今后教材质量的提高将起巨大的作用。

交 通 大 学 材料力学教研组

南京工学院 力学教研组

华东航空学院 材料力学教研组

1956年6月

二 版 自 序

由于教学工作繁忙，未能深入修订教材。一般仅由每章原编写人，根据收到的意见，纠正初版中的一些错误并作了少量的更正。

上海造船学院教师对教材提出书面改进意见，编者谨于此表示谢意。由于修订时间短促，对于船院意见未能充分吸收，拟留待1958年再度修订时慎重考虑。

二版的校对工作系由崔振源、王凤岐同志所负责。

上册共印14100本。采用这本教材的现有上海造船学院、南洋工学院、西安交通大学、南京工学院、西安航空学院、新疆八一农学院、北京农业机械化学院、东北林学院、武汉河运学院、太原工学院、山东工学院、合肥矿业学院、南京航空学院、北京钢铁工业学院、华东纺织工学院、成都工学院、华东化工学院、华中工学院、沈阳农学院、西安建筑工程学院、重庆大学、西北农学院、德顺业余冶金学院等23院校。我们殷切地希望各校师生，特别是以上二十三院校对本教材的缺点多多予以指出，以便三版时能提高教材的质量。

编者 1957年6月

初 版 自 序

簡明教材的下冊的分工如下：(1)南京工学院担任17—18章（丘 侃編17章，陸驥洪編18章，墨綫图系南工教材繪印科所繪）；(2)交通大学担任19—22章（熊树人編19章，徐世鈺編20章，金 慇編21—22章，墨綫图系交大教材供应科繪图組所制）；(3)西安航空学院担任23—27章（周建功編23—24章，崔振源編25章，胡沛泉編26—27章，陈鑫根繪制墨綫图）。

初稿完成后，于1956年6月初在上海开会討論，相互提出修正意見。各校自己修正后，將改正的稿件交由西安航空学院負責进行最后修訂，使前后內容連貫、体裁一致。

最后的修訂工作由航院胡沛泉、崔振源及周建功共同負責进行。图的修改由陈鑫根及崔振源負責。校对工作則由胡沛泉、吳富民、崔振源及周建功共同担任。

下冊共印6300本。由于低廉的紙張买不到，被迫采用高級道林紙，以致于成本較高，加重学生的負担。此外，印刷字体的改进尙不能达到預期的水平。关于以上兩点，西安航空学院材料力学教研組感觉十分抱歉，决心在今后的工作中力求改进。

采用这本簡明教本的現有上海造船学院、太原工学院、华中工学院、重庆大学、合肥矿业学院、南京航空学院。希望各校師生，特别是以上大校对这本教材的缺点多多予以指出，以便再版时能提高教材的質量。

南京工学院	力学教研組
交通大学	材料力学教研組
西安航空学院	
1956年12月	

二 版 自 序

由于教学工作繁忙及反右整改运动的进行，未能深入修訂教材。一般仅由每章原編写人糾正初版中的一些錯誤并作了少量的更动。

由于教学计划的更动，各校需用教材的时间有出入，二版准备分兩次印刷。第一次印刷7500本，系供上海交通大学、南京工学院、太原工学院、北京钢铁学院、华东紡織工学院、东北林学院、沈阳农学院、合肥矿业学院、山东工学院、成都工学院、八一农学院及上海水产学院等十二校作为教材之用。希望以上采用为教材的学校，早日把发見的錯誤及其他意見示知，以便明年4月第二次印刷时可以改进。

本書上下册的第三版准备作比較大的修改，增加习题及复习題等。习题及复习題与教材同时編写，可能使教学各环节配合得較緊密一些。希望采用本書为教材的学校多多提出改进意見和批評，以便三版时能进一步提高質量。

編 者 1957 年 12 月

上册目錄

初版自序

二版自序

緒論..... 1

第一篇 基本概念 拉伸和壓縮

第一章 基本概念..... 7

§1.1 基本假設..... 7

§1.2 材料力學研究的物體：桿、板、殼..... 8

§1.3 外力的分類..... 9

§1.4 位移與變形的概念..... 10

§1.5 內力 截面法 應力..... 11

§1.6 研究變形固體中的現象的統一步驟..... 13

§1.7 桿件變形的基本形式..... 14

第二章 直桿的拉伸及壓縮..... 15

§2.1 垂直於桿軸的截面上之應力計算..... 15

§2.2 許用應力 截面的選擇..... 16

§2.3 拉伸及壓縮時的變形 虎克定律..... 17

§2.4 泊松比..... 20

§2.5 軸向力圖 正應力圖 位移圖..... 23

§2.6 例題..... 23

第三章 各種材料拉伸及壓縮的實驗方面之研究 許用應力的選擇..... 27

§3.1 拉伸圖 材料的機械性質..... 27

§3.2 應力——變形圖..... 30

§3.3 真正应力——变形图	32
§3.4 塑性及脆性材料的应力——变形图	33
§3.5 压缩时塑性与脆性材料破坏的情况 压缩应力——变形图	35
§3.6 塑性及脆性材料机械性质特点的比较	37
§3.7 安全系数的选择 许用应力	39

第二篇 拉伸与压缩的复杂情形

第四章 拉伸与压缩时的超静定问题	43
§4.1 超静定体系	43
§4.2 制造不准确对于超静定结构的内力之影响	47
§4.3 温度改变对超静定结构的影响	50
§4.4 例题	52
第五章 本身重量对于简单拉伸与压缩之影响	55
§5.1 考虑本身重量时截面之选择(在拉伸及压缩时)	55
§5.2 考虑本身重量时变形的计算	59
第六章 复杂的受力状态 应力与变形	61
§6.1 受轴向拉伸和压缩(单向受力状态)时斜截面上的应力	61
§6.2 关于主应力的概念 材料受力状态的形式	62
§6.3 二向和三向受力状态的例子 圆筒锅炉的计算	63
§6.4 在二向受力状态里的应力	65
§6.5 求应力之图解法(莫尔圆)	67
§6.6 用应力圆求主应力	70
§6.7 三向受力状态的最大应力的求法	72
§6.8 三向受力状态中变形的计算	74
§6.9 在复杂受力状态下的弹性变形能	75
第七章 在复杂受力状态下材料的强度检查	78

§7.1 关于强度理论的概念.....	78
§7.2 四个强度理论.....	79
§7.3 强度理论的例题.....	83
§7.4 达维特可夫——弗里特曼联合强度理论.....	84
§7.5 补充说明.....	87

第三篇 剪切与扭转

第八章 剪切.....	89
§8.1 剪切的概念.....	89
§8.2 剪切计算实例.....	90
§8.3 薄壁圆管扭转时纯剪现象之研究.....	96
§8.4 纯剪切时的主应力.....	97
§8.5 各向同性体的三个弹性常数间的关系.....	99
§8.6 纯剪时体积的不变性.....	100
§8.7 剪切变形能.....	101
第九章 平面图形的几何性质.....	102
§9.1 概述.....	102
§9.2 静矩、惯性矩及极惯性矩等定义.....	103
§9.3 简单平面图形的惯性矩的计算.....	104
§9.4 惯性矩及惯性积的平行移轴定理.....	105
§9.5 组合图形的惯性矩.....	106
§9.6 坐标轴转动时的惯性矩与惯性积.....	108
§9.7 主惯性轴与主惯性矩.....	109
第十章 轴的扭转.....	117
§10.1 概述.....	117
§10.2 圆轴扭转时的变形与应力.....	117

§ 10.3 圆轴扭转时的应力状态	121
§ 10.4 扭转时的变形能	121
§ 10.5 扭矩图	122
§ 10.6 应力圆及扭转角图	124
§ 10.7 扭转时的强度与刚度计算	125
§ 10.8 圆轴扭转的超静定问题	126
§ 10.9 扭转时的应力集中	127
§ 10.10 非圆截面杆的扭转	129
§ 10.11 密圈螺旋弹簧的计算	134

第四篇 直梁的平面弯曲及其强度计算

第十一章 梁的外力和截面内力 剪力和弯矩	139
§ 11.1 直梁及平面弯曲的定义	139
§ 11.2 梁支座的形式及其反力	139
§ 11.3 梁的种类	141
§ 11.4 截面上的内力 剪力和弯矩 符号规则	142
§ 11.5 弯矩、剪力及载荷集度之间的微分关系	144
§ 11.6 弯矩图与剪力图	146
§ 11.7 弯矩图与剪力图的作法	146
§ 11.8 梁承受较复杂载荷情形时的Q图与M图的作法	151
§ 11.9 Q图和M图作法正确性的检验	156
§ 11.10 力作用的迭加原理	157
§ 11.11 作弯矩图与剪力图的图解法	158
第十二章 梁平面弯曲时的正应力	162
§ 12.1 概述	162
§ 12.2 纯弯曲时的实验研究	162

§ 12.3 純弯曲时的正应力	164
§ 12.4 純弯曲时的变形能	169
§ 12.5 純弯曲結果的推广	169
§ 12.6 截面选择和梁的合理截面	170

第五篇 弯曲时强度的总校核

第十三章 梁內正应力和主应力的計算	175
§ 13.1 矩形截面梁內的正应力	175
§ 13.2 工字形截面的剪应力	179
§ 13.3 圓形截面的剪应力	182
§ 13.4 弯曲时的主应力	183
§ 13.5 弯曲中心的概念	184

第六篇 梁的變形

第十四章 求梁变形的解析法	187
§ 14.1 梁的挠度及截面旋轉角	187
§ 14.2 撓曲軸的微分方程	188
§ 14.3 撓曲綫近似微分方程的积分	190
§ 14.4 梁軸綫微分方程的分段积分	193
§ 14.5 梁变形的普遍方程 初参数法	197
§ 14.6 具有中間铰时梁的变形的求法	204
§ 14.7 求梁变形的迭加法	206
第十五章 求变形的图解解析法和图解法	211
§ 15.1 图解解析法	211
§ 15.2 图解法	218
第十六章 变截面梁	221

§ 16.1 等强度梁的截面选择·····	221
§ 16.2 等强度梁的实例·····	223
§ 16.3 弯曲时应力集中的影响·····	227
§ 16.4 变截面梁变形的求法·····	229
附录 按照OCT100014—39—10017—39之軋鋼規範·····	1
表 1 等肢角鋼·····	1
表 2 不等肢角鋼·····	5
表 3 工字鋼·····	8
表 4 槽鋼·····	11

下 册 目 錄

初版自序

二版自序

第七篇 超靜定梁 位能

第十七章 超靜定梁	233
§ 17.1 一般概念	233
§ 17.2 變形比較法	235
§ 17.3 圖解解析法及初參數法的应用	236
§ 17.4 多餘反力及靜定基的選擇	237
§ 17.5 連續梁 三彎矩方程	242
§ 17.6 連續梁的反力計算及Q圖與M圖的作法	247
§ 17.7 具有外伸臂的連續梁	252
§ 17.8 具有固定端的梁	255
第十八章 应用位能的概念求變形	259
§ 18.1 概說	259
§ 18.2 變形能的計算	260
§ 18.3 卡氏定理	264
§ 18.4 引用附加力的方法	270
§ 18.5 功的互等定理和位移互等定理	272
§ 18.6 馬克斯威爾——莫爾定理	274
§ 18.7 維力沙金法	276
§ 18.8 按變形能法計算簡單超靜定剛架	283

第八篇 复合应力 曲桿平面彎曲

第十九章 复合应力	286
§ 19.1 概述	286

§ 19.2 桿在任意截面作用下的应力計算	286
§ 19.3 斜弯曲	288
§ 19.4 大刚度桿件的弯曲与拉压的合成	295
§ 19.5 截面核心	299
§ 19.6 扭轉与弯曲的联合作用	301
第二十章 曲桿平面弯曲	311
§ 20.1 概述	311
§ 20.2 曲桿截面上的內力素	311
§ 20.3 純弯曲时截面上正应力的分布	313
§ 20.4 不同形状截面中主軸位置的确定	317
§ 20.5 曲桿的应力計算和强度檢查	322
§ 20.6 平面假設的結果与高劳文的准确解法之間的比較	323
§ 20.7 曲桿应力計算的例题	324
§ 20.8 曲桿的变形	326
§ 20.9 曲桿变形計算的例题	328

第九篇 厚壁圓筒

第二十一章 厚壁圓筒	332
§ 21.1 厚壁圓筒的应力計算	332
§ 21.2 厚壁筒的强度 (塑性材料)	336
§ 21.3 組合厚壁筒	337

第十篇 壓桿的穩定

第二十二章 压杆的穩定	341
§ 22.1 穩定平衡与不稳定平衡的概念	341
§ 22.2 临界載荷 P_K 之確定——欧拉公式	343
§ 22.3 桿端不同約束情况的影响	345
§ 22.4 (一) 欧拉曲綫 (二) 当应力超过比例极限时丧失穩定的概念 (三) 雅兴斯基的曲綫	349
§ 22.5 (一) $(\sigma_K - \lambda)$ 全圖 (二) 压桿材料的选择	352

§ 22.6 按照許用应力、折減系数的压桿計算.....	353
§ 22.7 压桿設計計算的一般程序.....	354
§ 22.8 压桿承受偏心載荷的計算.....	358
§ 22.9 縱橫弯曲.....	359
§ 22.10 稳定計算的意义及其发展.....	361

第十一篇 動 載 荷

第二十三章 慣性力与振动的計算.....	364
§ 23.1 緒論.....	364
§ 23.2 等加速运动的桿件应力計算.....	365
§ 23.3 旋轉圓环 (飞輪輪緣) 的应力計算.....	366
§ 23.4 平行桿和連桿的应力計算.....	367
§ 23.5 共振对应力的影响.....	371
§ 23.6 振动时应力的計算.....	371
§ 23.7 彈性体系質量的考虑对自由振动頻率的影响.....	375
§ 23.8 苏联学者在振动理論上的贡献.....	375
第二十四章 冲击时的应力.....	377
§ 24.1 基本原理.....	377
§ 24.2 冲击变形及应力的意义 动荷系数.....	379
§ 24.3 梁的冲击应力.....	381
§ 24.4 扭轉冲击时的应力.....	382
§ 24.5 軸向冲击时变做面桿內的应力.....	384
§ 24.6 从上面所得結果推出的实用結論.....	385
§ 24.7 被冲击系統質量的影响.....	386
§ 24.8 直到破坏的冲击試驗.....	387
§ 24.9 各种因素对冲击韧度之影响.....	389
§ 24.10 苏联学者在冲击抗力研究方面的贡献.....	390
第二十五章 在重复应力下材料的强度計算.....	392
§ 25.1 关于重复載荷对材料强度的影响的基本概念.....	392
§ 25.2 在重复应力情况下的强度校核.....	393
§ 25.3 在对称循环时持久极限的求法.....	394

§ 25.4 不对称循环时的持久极限	396
§ 25.5 合种因素对持久极限的影响	398
§ 25.6 应力集中的影响	400
§ 25.7 另件尺寸对持久极限的影响	403
§ 25.8 許用应力的确定	403
§ 25.9 确定 $[p_r]$ 的方法的改进	408
§ 25.10 确定許用应力的步驟	409
§ 25.11 在重复应力及复杂受力状态下的强度校核	410
§ 25.12 几种防止重复应力下破坏的实用方法	411
§ 25.13 苏联学者对于重复載荷理論的貢獻	412

第十二篇 蠕滑計算 結束語

第二十六章 蠕滑計算的基础	413
§ 26.1 高温对金屬的机械性質的影响	413
§ 26.2 蠕滑及松弛現象	414
§ 26.3 蠕滑及松弛曲綫	415
§ 26.4 蠕滑計算时的許用应力	421
第二十七章 結束語	425
§ 27.1 概述	425
§ 27.2 彈性后效	425
§ 27.3 薄壁構件的穩定性	426
§ 27.4 材料力学的現代問題及发展方向	427

緒 論

(一) 材料力學的任务和性質

在設計機器、結構物時，為了使每一桿件不致于毀壞或過度地變形，工程師就必需，在滿足最大經濟的條件下，為每一桿件選擇適當的材料和截面尺寸。材料力學這門科學就提供出正確解決這類問題的基礎。

這門科學研究，在力*的作用下，各種材料及桿件所表現的力學性能，並指出為每一桿件選擇適當的材料和截面尺寸的方法，以同時滿足對結構物或機器的安全與最大經濟兩要求。

有時材料力學還需要解決在形式上不同的另一些問題——校核已設計好的桿件，或決定材料與尺寸為已知的桿件的許用載荷。

足夠安全與最大經濟是工程設計中所必需滿足的兩個基本要求，但是它們經常是互相矛盾的，前者一般要求多用材料，后者則要求減少材料的消耗。這一矛盾是促使材料力學按照科學的方法不斷發展的重要原因。

由於生產的發展，科學技術水平在不斷地提高，新的實際問題（例如：高速飛行對於飛機強度的要求，高效率動力及原子動力對高溫材料抗力的要求，大跨度結構物等等）都要求尋找新的材料，研究其性能，改良並創造新的計算及設計方法。這樣，材料力學正是在技術的普遍進步中不斷地取得發展。

材料力學所研究的對象是實際的固體，因而必須考慮固體的物理性質。對於作用在桿件上力的分析和計算，我們必須用理論力學和相當成熟的數學工具。實際的固體受力作用後都會變形，而固體的變形和所受的力有密切的關係；這種關係，只有在有了可靠的實驗結果之後，才有可能來確定。如是，材

* 不均勻的溫度變形雖無外力亦可使材料破壞，例如玻璃因局部受熱而炸裂。

材料力学就包括着兩部分：其一是理論部分，以力学数学为基础，另一为实验部分，二者紧密的結合着。实验必须在理論的指导之下而进行，而理論是建立在实验的基础上而必須为实验所證实的。

(二) 材料力学的發展簡史

技术科学的發展，主要是决定于社会生产力的發展，材料力学的發展过程当然也如是。最初，人們在社会的生產实践过程中，獲得了选用材料、形狀、尺寸來制作工具的經驗；這些經驗的累积，逐漸發展成为研究材料和桿件承載能力等的一門科学。生產技术的發展，特別是机械制造业和建筑工程的發展，常常向材料力学提出許多新的問題和要求，促使材料力学不断地向前發展；反过来材料力学理論的發展，又推進了生產技术的進一步發展。

在远古時代，人們在与大自然作斗争的过程中，就知道了挖掘拱形山洞，应用独木橋等建築物。到了奴隶社会和封建社会，隨着生产力的發展，人們已經能建造一些規模較為宏大的建築物(例如宮殿和堡壘)和運輸工具(例如船舶和車輛)。然而在這個階段里，人們在這方面的知識还是停留在經驗的水平上；从純粹的經驗知識过渡到材料力学這門科学的建立，还經過相当長的一段時間。

材料力学，作为一門科学來說，一般都認為是在1638年開始的。在1638年，意大利科学家伽利略(1564—1642)發表了「兩種新科学」論文。伽利略生在封建社会解体，商業資本及國際間航运發展，并且是采矿业金工業萌芽的時代。這時代的新的經濟情况提出了一系列新的技术問題；例如海外商業來往的活躍提出了增大船只噸位的問題(因而也就必須改变船只的構造)，同時也提出了改造和建設新的运河、水閘等等問題。這些問題是不能用單純抄襲舊有船只及建築物結構來解决的，因而就迫切需要研究如何用計算方法來估計結構物的承載能力。伽利略根据理論力学的一些定律(將材料看为絕對剛体)做了一系列的实验，發現拉桿和樑的尺寸与其承載能力間的关系，发表了「兩種新科学」論文。他的研究結果对于新型船只的設計有很大的貢獻。虽然這些理論由于未考慮到材料的彈性和桿件變形的几何特征而有錯誤，然而从伽利略開始，