

高等学校教学用书

材料力学

上册

杜庆华等编著

高等教育出版社

高等学校教学用书



材 料 力 学

上 册

杜庆华等编著

高等教育出版社

高等学校教学用书



材 料 力 学

下 册

杜庆华等编著

高等教育出版社

本書系由杜庆华、孙訓方、賈有权、張福范等根据清华大学、天津大学、唐山鉄道学院三校历年編写的材料力学講义整理改写后,由杜庆华主編而成,并經高等教育部审定为高等工業学校土建、机械类專業試用教材。

本書分上下册出版。其編写分工如下:杜庆华——第一、二、七§5—11,八、十六、二十一各章;孙訓方——第六、九、十、十四、十九、二十三、二十四各章;賈有权——第三、四、五,七§1—4(苏翼林)、二十、二十二、二十五各章;張福范——第十一、十二、十三、十五、十七、十八各章。

材 料 力 学

上 册

杜庆华等編著

高等教育出版社出版 北京琉璃廠170号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

京华印書局印刷 新华書店总經售

統一書号 15010·557 開本 787×1092 1/16 印張 14 4/8 字數 326,000 印數 0001—9,200
1957 年 12 月第 1 版 1957 年 12 月北京第 1 次印刷 定價(10) 1.80

本書系由杜庆华、孙訓方、賈有权、張福范等教师根据清华大学、天津大学、唐山鉄道学院三校历年編写的材料力学講义整理改写而成，由杜庆华教授主編，并經教育部同意作为高等工業学校土建、机械类專業的試用教材。

本書暫分上下册出版。下册共十一章，闡述構件的强度及剛度計算，靜不定系統的計算基础，彈性地基上的梁，薄壁杆件的扭轉和弯曲，变形系統平衡的稳定問題，动載荷問題等等，并有丰富的例題和圖表。本書除供各高等学校广泛使用外，还可供在职干部學習及工程技術人員参考之用。

材 料 力 学

下 册

杜庆华等編著

高等教育出版社出版北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第054号)

京华印書局印刷 新华書店發行

統一書号 15010·729 開本 787×1092¹/₁₆ 印張14⁴/₈
字數 328,000 印數 0001—10,000 定價 (10) 羊1.80
1958年9月第1版 1958年9月北京第1次印刷

序

材料力学是各个工程專業有关强度科学的基础課程，它的學習是工程教育中很重要的环节。过去几年来我們在教学中一直采用苏联教材譯本。显然，由于苏联教材內容的丰富和密切联系实际，使我們的教学向前推进了一大步。但是學習苏联必須很好地結合我国实际，我們完全有必要写一本为我国学生易于接受而同时又反映这一門科学最新成就的教材。按高等教育部交下的任务，清华大学、天津大学、唐山鐵道学院根据現有的机械土建和非机械土建类的材料力学教学大綱，在历年編写的原有講义的基础上写成了这本試用教材。

这本教材是三校在精神上和原則上基本上取得一致下，由作者們分写的，因而各个部分仍保留着不同的風格。本書編写的分工如下：杜庆华——第一，二，七 § 5—11，八，十六，二十一章；孙訓方——第六，九，十，十四，十九，二十三，二十四章（徐滑、松驰，賈有权）；賈有权——第三，四，五，七 § 1—4（苏翼林），二十，二十二章，張福范——第十一，十二，十三，十五，十七，十八章。杜庆华負責主編，并由三校材料力学教研組給予了集体大力支持。

由于过去几年我們三校一直使用 Н. М. Беляев 著材料力学（王光远等譯）作为教本，所以本書無疑地受到了它的深刻影响。有几节和圖表是标明引自該書的。但重要的特点是在力求簡易明了的条件下，把每一个問題的最新發展观点用較少的篇幅引进到教材中来。本書也力求注意引用我国和我們自己工作的数据。我們正在繼續努力，希望在下一版中將能更多地表現这些方面。

必須請使用本書的同志注意，全書的內容并不是課堂所必講的。課堂講授的內容可以比本書少得多，而且也可以和本書不尽相同。本書只求能为大学二年級学生提供出這門科学深入的初步門徑而已。

我們原期這本書有三五年的准备時間，但是由于教学的需要和兄弟学校的督促，我們現在提前付印。必須指出由于付印匆促和水平所限，這本書的內容和編排上都存在着缺点，希望讀者能予批評指正。

編著者

上册目录

序	v
---------	---

第一章 緒論

§ 1.1 材料力学的基本任务	1
§ 1.2 材料力学的发展簡史	1

第二章 基本概念

§ 2.1 材料力学的基本方法	5
§ 2.2 材料力学研究的对象: 杆、板、壳	6
§ 2.3 关于变形物体的一些重要基本概念	6
§ 2.4 作用于构件的外力及其分类·变形的形式	11

第三章 直杆的轴向拉伸和压缩

§ 3.1 与杆轴线垂直的諸截面上的应力	13
§ 3.2 轴力图	15
§ 3.3 与杆轴线有傾角的諸斜截面上的应力	15
§ 3.4 轴向变形及横向变形	17
§ 3.5 虎克定律	17
§ 3.6 横向变形系数·拉压时体积改变	19
§ 3.7 拉伸(或压缩)时的变形位能	20
§ 3.8 横截面轴向位移的确定	21
§ 3.9 許用应力·强度条件	22
§ 3.10 杆全长受有均布轴向力之計算	23
§ 3.11 变截面杆	24
§ 3.12 例题	26

第四章 拉伸和压缩时材料强度的研究

§ 4.1 材料力学实验問題	29
§ 4.2 軟鋼的拉伸实验	30
§ 4.3 拉伸时所需之功	33
§ 4.4 其他材料的拉伸圖	34
§ 4.5 真应力圖	35
§ 4.6 压缩实验	35
§ 4.7 材料的硬度和韌度	37
§ 4.8 局部应力的概念·挤压应力	38
§ 4.9 材料的塑性与脆性状态	40
§ 4.10 安全系数及許用应力的确定	40
§ 4.11 温度及加力速度对金属材料机械性质的影响	42
§ 4.12 彈性后效和徐滑的概念	43
§ 4.13 重复应力作用下金属材料的破坏	44

第五章 拉伸和压缩的靜不定問題

§ 5.1 靜不定問題的解法	45
§ 5.2 装配应力	48
§ 5.3 温度应力	51

第六章 剪切

§ 6.1 純剪切时的应力与变形·虎克定律	54
§ 6.2 材料在純剪切时的强度·純剪切的强度条件	56
§ 6.3 純剪切单元体斜截面上的应力	57
§ 6.4 材料的三个彈性常数 E 、 G 、 μ 間的关系	58
§ 6.5 接头部分的“假定計算”	60
§ 6.6 铆接头的“假定計算”	60
§ 6.7 焊接头的“假定計算”	63
§ 6.8 接头部分“假定計算”的例题	64

第七章 应力状态理論

§ 7.1 应力状态举例	69
§ 7.2 二向应力状态下任意斜截面上应力的确定	72
§ 7.3 主应力、主平面及最大剪应力的确定	73
§ 7.4 求应力的圖解法	74
§ 7.5 三向(空間)应力状态及其标号	80
§ 7.6 任意斜截面上的应力	81
§ 7.7 三向(空間)应力状态的主应力	82
§ 7.8 与主方向成等斜角面上的应力,平均正应力和統計平均剪应力	84
§ 7.9 三向应力状态的应力圓	85
§ 7.10 广义虎克定律·体积变形	86
§ 7.11 三向(空間)应力状态下材料的彈性变形位能	88

第八章 强度及塑性理論

§ 8.1 关于强度理論的基本概念	91
§ 8.2 三个古典强度理論	92
§ 8.3 能量强度理論	93
§ 8.4 对于古典理論及歪形能强度理論的修正	94
§ 8.5 莫尔强度理論及其修正	96
§ 8.6 达維靖柯夫及弗里特曼(Н. Н. Давиденков, Я. В. Фридман)联合强度理論的概念	99
§ 8.7 对于强度理論的認識	101

第九章 平面圖形的几何性質

§ 9.1 定义	103
§ 9.2 平面圖形的靜面矩及形心位置	104

§ 9.3 簡單平面圖形的慣性矩	106	§ 9.8 組合的非对称平面圖形的中心主慣性矩	114
§ 9.4 慣性矩及慣性積的平行軸原理	103	§ 9.9 計算型鋼組合截面慣性矩的例題	116
§ 9.5 組合的对称平面圖形的慣性矩	109	§ 9.10 慣性半徑・慣性橢圓	117
§ 9.6 坐标軸旋轉時慣性矩及慣性積的变化(慣性矩及慣性積的旋轉軸原理)	111	§ 9.11 計算不規則平面圖形慣性矩的近似法	119
§ 9.7 平面圖形的主慣性軸及主慣性矩	113	§ 9.12 几种常用的平面圖形之几何性質	122

第十章 扭轉

§ 10.1 等直圓杆在扭轉時的應力計算	124	§ 10.7 变截面的圓軸在扭轉時的應力集中問題	138
§ 10.2 等直圓杆在扭轉時斜截面上的應力狀態	127	§ 10.8 非圓截面等直杆在純扭轉時的應力及變形 計算公式	140
§ 10.3 等直圓杆在扭轉時的變形與變形位能	128	§ 10.9 薄壁截面杆在純扭轉時的應力及變形	143
§ 10.4 實心和空心圓軸的強度條件和剛度條件	129	§ 10.10 薄膜比拟法的概念	145
§ 10.5 圓截面傳動軸的設計	132		
§ 10.6 密閉螺旋彈簧的應力及變形	134		

第十一章 梁的彎曲・剪力與彎矩

§ 11.1 梁・支座的種類	147	§ 11.5 剪力、彎矩與載荷強度之間的关系	157
§ 11.2 梁的類型・集中載荷與分布載荷・支座反力的計算	148	§ 11.6 应用微分关系繪制并校核圖形	159
§ 11.3 梁的橫截面內的內力・剪力與彎矩	150	§ 11.7 作圖的疊加法	161
§ 11.4 彎矩圖與剪力圖	154	§ 11.8 彎矩圖與剪力圖的圖解法	162

第十二章 梁的應力

§ 12.1 梁的正應力	165	§ 12.8 梁的剪應力的強度計算	178
§ 12.2 一般梁的計算・強度設計	168	§ 12.9 梁的主應力及主應力迹綫	178
§ 12.3 梁的截面的經濟形狀	171	§ 12.10 以主應力校核梁的強度	181
§ 12.4 矩形截面梁的剪應力	172	§ 12.11 薄壁截面的彎曲中心	182
§ 12.5 由于剪應力的作用梁橫截面的翹曲	175	§ 12.12 梁的變形能	185
§ 12.6 圓截面梁的剪應力	175	§ 12.13 等強度梁	186
§ 12.7 工形截面的剪應力	177	§ 12.14 組合梁	188

第十三章 梁的變形

§ 13.1 梁的撓度曲綫的微分方程	191	§ 13.6 以疊加法計算梁的變形	212
§ 13.2 撓度曲綫的微分方程的積分	193	§ 13.7 梁的剛度設計	213
§ 13.3 以起始参数法計算梁的撓度曲綫・通用方程	197	§ 13.8 变截面梁的變形	214
§ 13.4 圖解分析法解梁的撓度和斜度	205	§ 13.9 梁的理論的發展簡史	216
§ 13.5 撓度曲綫的圖解法	209		

附录	1-10
----------	------

下 册 目 录

第十四章 在任意载荷作用下构件的强度计算

§14.1 杆在任意载荷作用下的应力计算方法.....	217	§14.6 受偏心拉伸(或压缩)的杆的应力计算及强度校核.....	227
§14.2 杆在斜弯曲情况下的应力及变形计算.....	218	§14.7 截面核心.....	230
§14.3 斜弯曲情况下梁的强度校核.....	222	§14.8 受扭转与弯曲联合作用的杆的强度校核.....	233
§14.4 杆在不同平面内的横向力作用下的弯曲问题.....	224	§14.9 曲柄轴的强度校核.....	237
§14.5 受弯曲与拉伸(或压缩)联合作用的杆的强度校核.....	225		

第十五章 任意载荷作用下杆件的刚度计算

§15.1 拉伸、扭转与弯曲的变形能计算.....	240	§15.4 卡氏定理.....	248
§15.2 变形能的一般算式·克拉贝依隆原理.....	241	§15.5 功的互等定理.....	251
§15.3 莫尔定理.....	243		

第十六章 静不定系统·力法

§16.1 静不定系统的一般概念.....	253	算的校核.....	262
§16.2 基本系统·解静不定问题的基本方法.....	254	§16.6 连续梁.....	263
§16.3 正则方程式.....	256	§16.7 三弯矩方程式.....	264
§16.4 最小功原理.....	261	§16.8 支座高度不准确的影响.....	267
§16.5 温度对于静不定系统的影响·静不定系统计			

第十七章 弹性地基上的梁

§17.1 一般概念.....	269	§17.4 半无限长梁.....	272
§17.2 挠度曲线的微分方程及其解.....	269	§17.5 有限长梁.....	274
§17.3 无限长梁.....	270		

第十八章 薄壁杆件的扭转和弯曲

§18.1 薄壁杆件的定义.....	280	§18.6 薄壁杆件约束扭转的剪应力.....	291
§18.2 自由扭转与约束扭转的概念.....	280	§18.7 薄壁杆件约束扭转的微分方程及其积分.....	294
§18.3 截面的几何性质.....	281	§18.8 薄壁杆件在复杂抗力的一般情况下的应力计算.....	296
§18.4 扭转中心与弯曲中心.....	285		
§18.5 基本假设·约束扭转的正应力算式.....	287		

第十九章 平面曲杆的强度及刚度计算

§19.1 平面曲杆的平面弯曲问题.....	301	§19.4 平面曲杆在平面弯曲时的强度条件.....	310
§19.2 平面曲杆在纯弯曲时的正应力公式.....	302	§19.5 计算曲杆在平面弯曲时正应力的另一方法.....	312
§19.3 中性层曲率半径 r 及截面形心到中性层距离 y_0 的计算.....	305	§19.6 平面曲杆弯曲正应力公式的讨论.....	313
		§19.7 平面曲杆弯曲变形的计算.....	315

第二十章 厚壁圆筒与薄壁容器

§20.1 计算厚壁筒应力与位移的方程式.....	317	§20.4 薄壁容器的应力计算.....	326
§20.2 各种受力情况下厚壁筒之应力及位移的计算.....	320	§20.5 容器联接环的计算.....	328
§20.3 组合筒的计算.....	322		

第二十一章 变形系统平衡的稳定问题

§21.1 稳定的平衡和不稳定的平衡.....	330	计算.....	339
§21.2 求临界力的欧拉公式.....	332	§21.5 压杆的稳定校核.....	344
§21.3 端点条件对临界力的影响.....	334	§21.6 稳定计算的一些特殊性质和它的实际意义.....	349
§21.4 欧拉公式的应用限度和超出弹性范围的稳定		§21.7 纵横弯曲的概念及强度校核.....	351

第二十二章 动载荷问题

§21.8 侧稳定和其他稳定概念	355	§22.7 振动时应力的计算	368
§21.9 稳定计算的发展	356	§22.8 撞击时应力的计算	372
§22.1 一般概念	358	§22.9 撞击应力的计算实例	374
§22.2 构件作等加速运动时应力的计算	359	§22.10 考虑被撞击之弹性体系的质量时撞击应力的计算	376
§22.3 构件作等速转动时应力的计算	360	§22.11 撞击物自身应力之计算	378
§22.4 连杆和摇杆内的应力	361	§22.12 撞击时材料机械性质的实验研究	380
§22.5 直杆的自然振动频率	362		
§22.6 旋转轴的共振·临界速度	367		

第二十三章 交变应力下构件的强度计算

§23.1 基本概念	385	限曲线	400
§23.2 交变应力的符号及其循环特性	385	§23.8 材料与构件的简化持久极限曲线及计算公式	403
§23.3 在交变应力下构件疲劳破坏的现象	387	§23.9 拉伸-压缩、弯曲或扭转的交变应力下构件的强度校核	405
§23.4 对交变应力下材料破坏原因的假说	389	§23.10 弯-扭组合交变应力下构件的强度计算	410
§23.5 材料的持久极限及其测定方法	392	§23.11 在不稳定的交变应力下按强度条件及按持久寿命计算构件的方法	413
§23.6 影响材料持久极限的主要因素	395		
§23.7 非对称循环下持久极限的变化规律·持久极			

第二十四章 考虑材料的塑性时杆件的计算

§24.1 按承载能力计算静不定杆系	415	§24.5 高温下的塑性变形·徐滑试验	426
§24.2 按承载能力法计算受扭转的圆轴	418	§24.6 徐滑时许用应力的确定	429
§24.3 按承载能力法计算静定梁	420	§24.7 应力松弛	433
§24.4 按承载能力法计算连续梁·关于塑性铰的概念	423		

附录 1. 函数 η 、 η_1 、 η_2 和 η_3 的数值	436
--	-----

附录 2. 计算弹性地基上的等截面梁用的院士阿·恩·克雷洛夫的函数表	438
------------------------------------	-----

附录 3. A. 工字形压延断面的属性几何特性	443
B. 槽形压延断面的属性几何特性	444

第一章 緒 論

§ 1.1. 材料力学的基本任务

材料力学是关于各种类型構件强度、剛度及穩定的計算的科学。这些計算是工程师选定既安全而又最經濟的構件材料和尺寸的必要基础。

机器或結構物承受載荷时必须防止其破坏,并使其保持正常工作。構件能够安全地承受載荷,我們就認為它滿足了强度的要求,構件的变形倘若被限制在正常工作所許可的範圍內,我們就認為它滿足了剛度的要求。有时構件在变形时,不一定能够保持原有形式而平衡。例如細長的直杆沿軸向受压力,当压力之值加到一定限度后,杆就不能保持直的形式而变弯,因而必须进行穩定的計算。

根据上述任务,材料力学的内容不但包括物体受力和变形的研究,并且也包括材料在不同情况下(不同的受力情况以及溫度等等)的机械性質的研究。

構件的安全和最經濟地使用材料,这两个要求是相互矛盾的;前者要求增加使用材料,后者要求减少使用材料。这一矛盾是促使材料力学按照科学的方法不断發展的最重要的因素。

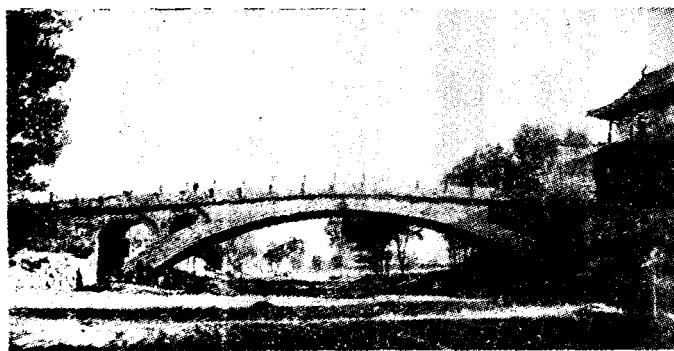
由于生产的發展,科学技术的水平在不断提高,新的实际問題(例如,高速航空結構对于減輕重量的要求,高效率动力及原子动力对高溫材料抗力的要求,动力載荷,大跨度結構物等等)要求寻求新的材料,运用新的、更合理的計算方法。这样,材料力学正是在技术的普遍进步中不断取得發展。

工程师在规划或設計建筑物或机器时,必须正确地运用材料力学的科学方法来进行計算,这样才有可能造出既經濟又安全的新的工程結構。例如,1952年在荆江分洪工程中由于采用了苏联的先进鉚接与焊接計算方法而使閘門造价大大降低。1955年北京設計院由于合理地减低牆的厚度等等而可能在每平方公尺面积七十元限价之內来建造三層樓的房屋。这些都是为国家节省了大量資金的实例。同时也可以說明很好地掌握这門科学对于增产节约,累积資金,加速祖国社会主义工業化的重大意义。

§ 1.2. 材料力学的發展簡史

勤劳智慧的祖国的劳动人民在很早的年代中已經在工程技术中显示出有关材料力学的創造能力。大家都知道,長城、运河及都江堰水利灌溉是二千多年前(秦代)就已开始了的偉大的工程。其实,从殷墟的發掘中我們發現在更早的年代中大約三千五百年前我們的祖先已經用木結構建造牆不承重的房屋,以輻条代替輻(圓板式的車輪),这些都是合理利用材料的明証(在較晚的年代,“周禮考工記”有文字記載)。在汉代(公元一世紀)我們的祖先开始利用鉄軸,到三国时代(公元 253 年)馬鈞开始运用了齿輪(見汉“雪堂所藏古物圖”)。桥梁和

船舶的設計和建造是需要深入地研究力學知識的。現代尚完整存在的河北趙州石拱橋是由



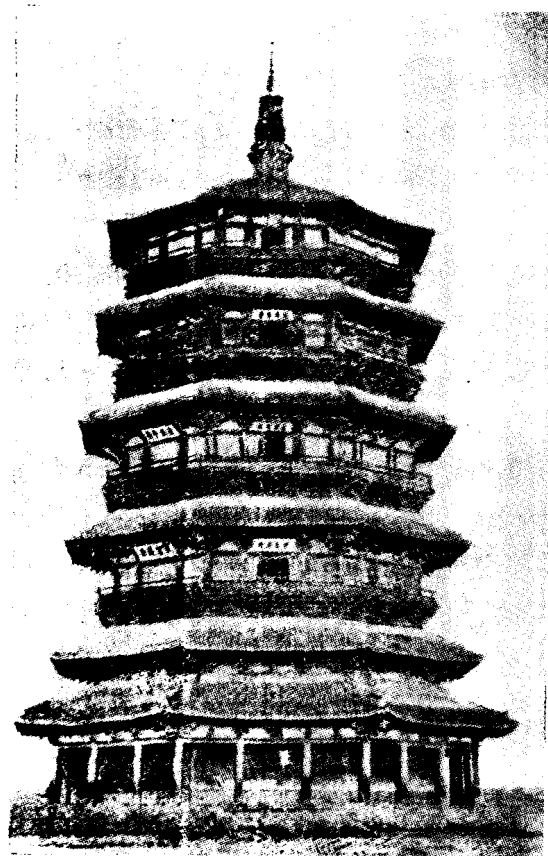
趙州橋①

很大的發展。例如在第六世紀隋楊素在永安造高百尺的大船，可乘 800 人，較晚的宋元海運中（十一世紀）我們祖先就己能造具有 4 桅 9 帆的船了。很早年代我們已經用竹索作懸橋，現在尚存在的瀘定鐵索橋長 100 公尺，是清康熙 45 年（公元 1696 年）建造的。這些都說

明我們祖先的智慧，他們善于運用不同的木、石、鐵、竹等材料。

總的說來，在十四世紀以前，我們祖國的力學的水平一直是在當時歐洲之上的。我們的生產力發達的程度在當時也是在全世界範圍內領先的。但是由於封建制度的沿續，這種制度限制了生產力進一步的發展，也限制了科學技術的發展。所以當時材料力學還是以經驗成分為主。在十四世紀以後歐洲由於社會經濟基礎的變革而取得較大的進步。

材料力學，作為一門科學來說，一般認為是在 1638 年從意大利科學家伽利略（G. Galileo）開始。伽利略為了解決建造船隻和水閘所需要的梁的問題，他發表了“關於兩種新科學的敘述與數學證明”②一書。應該指出，他生在封建社會解体、商業資本及國際海外往來發展，並且採礦冶金工業萌芽的時代，由於這一時代的新的經濟情況提出了一系列新的技術問題。例如：海外商業貿易頻繁，提



應州塔①

出了增大船隻噸位的問題，因而也就必須改變船隻的構造；同時也提出了改造及建設新的內河交通、運河、水閘等等問題。這些問題不可能由前此古老的辦法，用尺寸比例相似的小模

① 這兩張圖片系取自營造學社“建築圖片參考資料”。

② 有俄文譯本，С. Н. Долгова 譯，蘇聯國立技術理論出版社 1934 年出版。

型来解决。因而根据强度计算来决定构件尺寸就成为非常迫切的问题。伽利略是第一个提出了强度计算的概念的科学家。当然我们也应该注意伽利略的工作并不是很顺利的，旧的社会制度残酷地压制新生的科学，封建的教会就对伽利略进行了很多的迫害。

随着建筑与机械制造工作的发展，材料力学和理论力学平行地发展。而新的科学发展又在影响着生产力的迅速发展。俄国的科学家罗蒙诺索夫（М. Х. Ломоносов, 1711—1765）提出了物质不灭定律，这和以后材料力学中所用的能量方法有很大关系。罗蒙诺索夫并且进行了石及玻璃等材料的压缩试验。关于最早的材料研究及试验工作，还应该提到英国的虎克（R. Hooke）和法国的库仑（C. A. Coulomb）。

在十八世纪中，以俄国为例，随着生产的发展材料力学就有很大的发展。在彼得堡科学院工作的院士欧拉（L. Euler）和伯努利（D. Bernoulli）对稳定和弯曲问题有重大贡献。他们的贡献和工业进步有着密切的关系，而材料力学也影响或推进了工程建筑。例如：俄国的工程师库列宾（И. П. Кулибин, 1733—1818）曾经建筑跨度 300 公尺的木拱桥，俄国杰出的桥梁工程师儒拉夫斯基（Д. И. Журавский 1821—1898）在修建彼得堡莫斯科间铁路中曾第一次在桥梁的计算中提出了弯曲剪应力问题。

在二十世纪初，俄国学者在材料力学方面起着重要作用。例如布勃诺夫（И. Г. Бубнов）创造了船舶的强度理论。雅辛斯基（Ф. С. Ясинский）发展了稳定问题，克瑞洛夫院士（А. Н. Крылов）是非常出色的应用数学和力学家，他以动荷的研究而举世闻名。加僚尔金院士（Б. Г. Галеркин）曾解决了一系列重要的弹性力学问题。

在十月革命以后，苏联开始了空前未有的社会主义工业化建设，这使材料力学得到空前未有的发展。

苏联的科学家在这一方面的工作是杰出的。他们解决了一系列重要的问题。关于这些工作的主要项目和杰出的科学家有：薄壁杆件及薄壳的强度（勿拉沙夫 В. З. Власов；乌曼斯基 А. А. Уманский）结构稳定（靖尼克 А. Н. Диник；勿拉沙夫；伯潑考維奇，П. Ф. Папкович）弹性理论（慕斯赫利希維里 Н. Н. Мусхелишвили 等）塑性理论（依留辛 А. А. Ильюшин；沙闊勞夫斯基 В. В. Соколовский）静荷及动荷强度（达維靖柯夫 Н. Н. Давиденков；西林生 С. В. Сересен）和接触问题（别辽耶夫 Н. М. Беляев；西泰爱尔曼 И. Я. Штаерман；軋林 Л. А. Галин）。这些科学家的工作受到共产党和苏联人民的亲切关怀，他们已经并正在为共产主义建设作出重大的贡献。无可置疑地，苏联的材料力学科学是占世界最前列的。

工业上先进的国家例如美、英、德、法等国在材料力学上都进行了广泛的研究，有很多的贡献。例如：房卡門（Th. v. Kármán）早期对于强度及稳定的研究，莫尔（O. Mohr）在强度及应力计算方面的工作。高富（H. J. Gough）对于交变应力的研究，汉基（H. Hencky）、密息斯（R. v. Mises）和那达伊（A. Nadai）对于塑性和强度问题的研究，都在材料力学中占有重要地位。铁木申柯（S. Timoshenko，旧俄的力学家现在在美国工作）和包息尔（T. Pöschl）所写的材料力学教科書，較長期間在各国教学上有广泛的使用。

目前材料力学科学正在逐渐和物理强度结合的新方向上发展。从 1954 年苏联强度科学工作总结上可以看到这门科学面临巨大新的发展是多方面的，它将影响工程技术的各个

方面。新的材料的使用和相应而来新的强度計算方法的要求是極其迫切的。

祖國的近代材料力學發展，在解放以前由于工業基礎的薄弱和國民黨封建買辦階級的長期統治，受到了阻礙。只有少數科學家在跟隨着資本主義國家的方向進行缺乏系統的研究。但是在今天，社會主義建設已經飛速的展開，隨着國民經濟第一個五年計劃的开始，材料力學的科學研究也正在吸取蘇聯經驗而逐步發展。1955 年秋黨提出了向科學進軍的号召，全國範圍內都廣泛地進行了科學工作的準備，并于 1957 年春舉行全國第一次力學會議。在材料強度計算，包括彈性塑性理論方面今後將要展開大規模的工作。我們正面臨着科學水平達到新的高漲的時候。我們深信，承繼着我們祖先勤勞智慧的傳統的新中國材料力學將對祖國的工業建設和科學寶庫作出光輝的貢獻。

第二章 基本概念

§ 2.1. 材料力学的基本方法

像一切物理科学一样,材料力学的科学方法包括:观察、实验、假设、理论。这样的过程是科学长期历史发展的结果。

材料力学中往往根据观察,实验,作出了一些表达问题主要方面的假设,这些假设使问题适当地简化。然后根据这些假设得到的理论将受到实践的考验。必须注意经过了反复修正以后材料力学的一些假设才采取今天的形式。在复杂的弹性理论中有时对这些假设作了一些修正,这样使理论可以更为精确,而解答也更为复杂。但在工程实用中有很多问题并不需要过高的精确度;这时材料力学的解答是非常合宜的。

材料力学根据它的任务——强度、刚度和稳定的计算——在具体建立理论时必须考虑到下列各方面:

- 1) 几何条件: 由于材料力学所考虑的物体是变形的物体,所以必须研究物体的变形。将变形用几何的形式来表达,这一表达式有时又称为变形条件;
- 2) 物理条件: 从物理观察或材料试验中,可以决定受力和变形之间的关系。这样就将变形条件和力联系起来;
- 3) 力学条件: 最后材料力学还必须应用理论力学的结论来考虑物体各部分所作用力的关系。因为材料力学大部分是考虑静力问题,所以这些关系往往称之为平衡条件。

在材料力学中有很多问题往往需要考虑以上三个条件来决定物体的受力和变形。有时为了方便起见也采取在形式上是三个条件混合起来的能量法。

以上所述的,主要是指材料力学的理论部分的方法。材料力学试验的主要目的是:

- 1) 研究材料受力破坏的现象,以建立安全的强度界限;
- 2) 由试验得到建立理论所必需的物理条件;
- 3) 检查根据理论作出的强度等计算和机器及结构各部分所发生的实际现象符合的程度。

前两点说明实验是建立理论的根据。然而由于材料力学考虑问题所得结果是近似的,它的理论只表达了问题的主要方面。但又必须保证理论具有实际应用的可能。这样就必须用实验来决定理论的可靠性。这就是上述的第三点。这就说明了:没有实验就不可能建立理论;反过来理论如果不提出清楚的问题;不指示应该在什么方向期待回答;不指示在实验中哪些因素是必要的,哪些因素应该略去,或应该尽量避免;那么实验就失去了它的目的性和明了性。

由于读者还没有接触到具体的材料力学的内容,这里不预备更深入地去讨论这些基本方法,但是读者应该在今后的学习中,经常注意这些基本方法,这样会使概念更明确,学习更

巩固。这是正确地掌握这门科学的关键。

§ 2.2. 材料力学研究的对象: 杆、板、壳

一个固体,倘若它的长度比横向尺寸在量级上大得多时就叫做杆。杆的几何形状可以用一个轴线和垂直于轴线的几何图形(截面)显示出来。杆的轴线可以是曲线、折线或直线(图 2.1)。

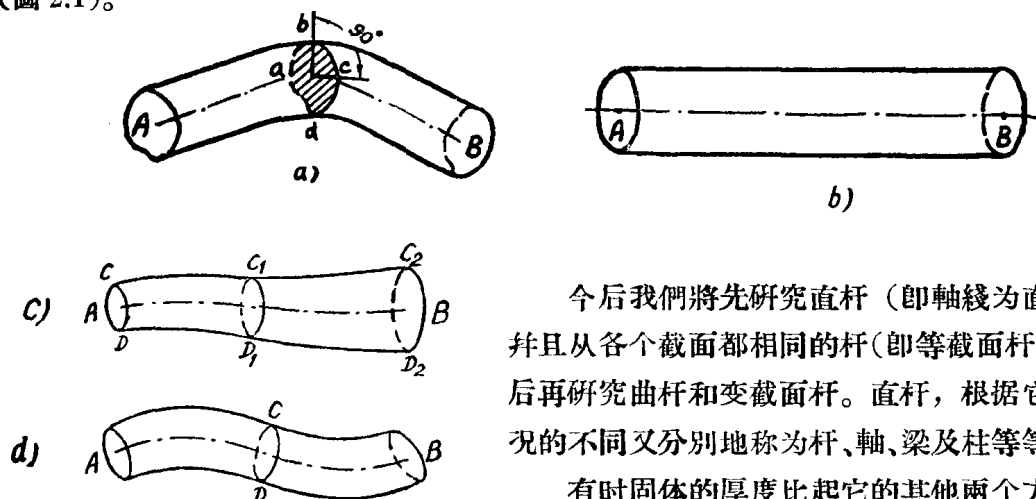


图 2.1

今后我们将先研究直杆(即轴线为直线的杆),并且从各个截面都相同的杆(即等截面杆)开始。然后再研究曲杆和变截面杆。直杆,根据它所受力的不同又分别地称为杆、轴、梁及柱等等。

有时固体的厚度比起它的其他两个方向的尺寸小得多,这种固体的几何形状可以用中面和与中面垂直的厚度来表示。这样的固体,当中面为曲面时,称为薄壳,中面为平面时,称为平板(图 2.2)。

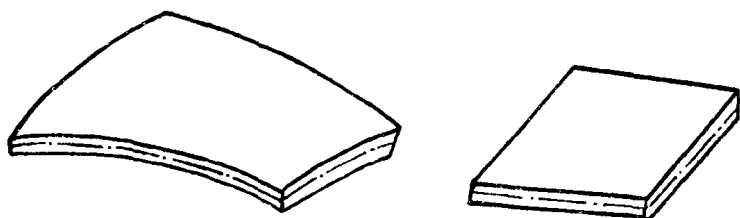


图 2.2

蒸汽锅炉、箱、水槽和容器等都有壳和板的构造。材料力学中主要地讨论杆的问题,但也能解决一些简单的壳的问题。板因为计算较为

复杂往往在弹性理论中解决。有时我们遇到形状不很规则的物体。这些构件是不能用材料力学计算的,或者材料力学的计算只能作为一种初步估计。必须注意这时所得结果是不会很准确的。如果要求准确的结果,可以用实验方法,或用弹性理论或塑性理论中比较复杂的计算方法。

§ 2.3. 关于变形物体的一些重要基本概念

现在我们讲一下关于变形物体的一些重要基本概念。

1) 固体的均匀连续(密实)假说

由于现代物理中的巨大成就,可以肯定固体是由不连续的粒子组成(分子、原子、以及更微小的粒子)。但是根据物体的粒子构造来研究物体的受力和变形是非常复杂的。因此在弹性理论、塑性理论和材料力学中,到现在为止大多采用了均匀连续(也就是密实的质点组合)的假设。根据这种假设,物体的整个几何容积都充满了物质而且各处都是一样的。因为

根据这样的假设所得的理论和一般实验结果很符合，我们到目前为止认为它是合乎实用的假设。必须指出，这样假设不能用来说明物体内部在一微小部分（例如，分子那样大小的范围，甚或略大一些，一个晶粒的大小范围）所发生的现象的本质，但是在很多情况下（例如，常温下的静力作用）在较大的容积内（譬如较晶粒大得多）这样的假设是完全可以用来得到实用的结论的。但在有些情形下（例如，金属物体受到随时间改变的力的作用）就必须考虑物体中存在的空隙（像晶粒大小量级的空隙）。所以我们必须辩证地对待这一基本假设，应该注意即使在材料力学的范围也不能无条件地不加限制地去应用均匀连续的假设。我们必须记住所有的假设都具有一定的条件的（规律是有条件的）。

在普通静力作用及常温下我们可以认为钢、铜及铸铁等金属材料是均匀连续的。

2) 各向同性及各向异性的假设

在各方向都具有相同的物理机械性质的纯粹材料，称为各向同性材料，铸钢、铸铜、玻璃以及浇灌得很好的混凝土等一般均认为是各向同性的材料。

只在纤维的一定方向上才有相同的物理机械性质的纯粹材料，称为单向同性材料。例如，锅炉钢、辗钢、钢丝和一些木层直而无节的木材我们称为单向同性材料。

不具备各向同性的材料称为各向异性材料。例如木层倾斜的木材和经过冷扭的钢丝我们称为各向异性材料。

3) 大变形和小变形的概念

在材料力学中所考虑物体的变形主要是小变形，关于小变形的概念我们可以概括如下：

(1) 产生变形的位移比计算中所涉及到的物体的任一度量小得多，例如，图 2.3, a), $\delta \ll L$, b), $\delta \ll M$ 即使在有些情形下位移接近物体的一个小的度量但不影响力的作用。例如图 2.3, Δ_1 , Δ_2 和 h 大小差不多但计算反力时可以忽略这些变形。

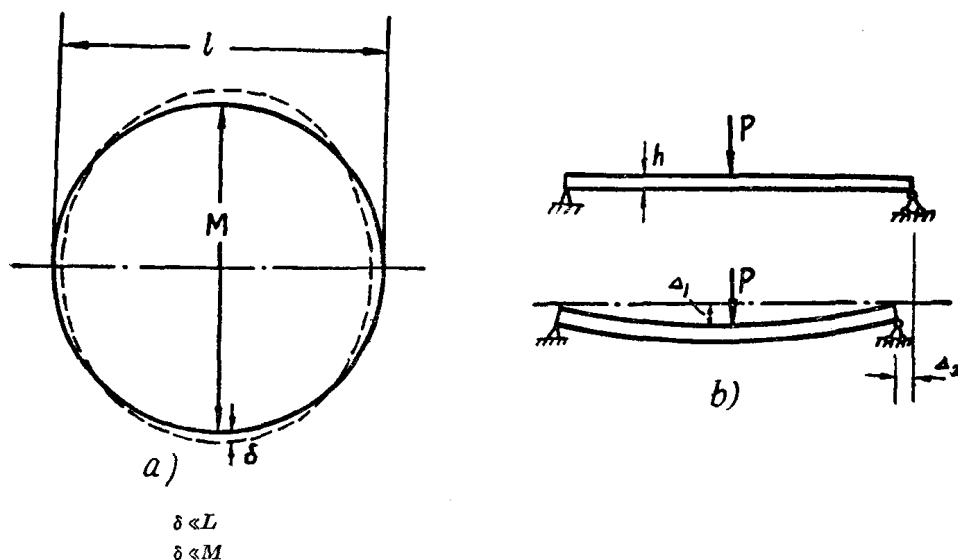


图 2.3

上述范围内的变形我们一般认为小变形。反之则为大变形。这一问题的性质在以后较深入地研究变形后可以更清楚，这里不过介绍一个概念。