

作者体会

这里先着重说了一下作者在复习材料力学后对材料力学的理解，主要是“复习原则”和“材料力学的知识构架”，另外对本文做出的“说明”也是十分重要的内容。整个这一部分可以说表达了作者的理解层面和复习思路、方向等重要问题，对于后续内容起着不可忽视的作用，希望读者引起重视。

一、对该笔记的说明（必读）

该笔记针对考研而写，要求读者对材料力学内容有一定程度的熟悉，不建议当做初步复习时的指导材料。

这一笔记主要以孙训方版本（第四版）为依据，其他版本有不对应处需要读者自行克服。

笔记内容重在上册，下册只涉及“能量法”和“动荷载”的部分内容，而且对于下册两章内容，作者理解不及上册充分，参考价值不及上册各章。

作者在记笔记过程中力求精简以领会学科的整体框架，具体内容多是点出重要概念、思路及其理解，力求不多提一字。整个记述过程以概念原理的连贯性和逻辑性为重，绝不是一本复习题集。当然，这样也造成了读者的不便，但是如果对内容已较熟悉，则影响不大，而且可以帮助读者形成自己对材料力学的理解和把握。该笔记是作者的个人复习理解，不保证全部正确，亦有许多记述十分的笼统，希望读者在使用过程中注意这些问题，应当始终以课本为最主要的复习材料，这对其他各科也是适用的。

二、复习的原则

宏观看待、立体把握、居高临下、高屋建瓴。着眼整体、着手局部，着眼于结果、现象，着心于原因、本质。

抓概念是为了抓牢关系，抓住了关系就可以放开概念。最简洁的才是最珍贵、最有价值的。

要善于给所面临的问题寻找“零点”，即参照状态。

三、材料力学的知识构架

1、各章节在材料力学中的地位

第一、二、七三章可以构成材料力学的最基本体系，是材料力学中最重要的一章内容，即要完整地解决一个材料力学问题，这三章的内容缺一不可。通过对这几章的学习就可以基本完整地把握材料力学的理论体系。而每一章的地位和起作用的方式又有所不同（详细的表述见各章节）。

其他各章则均是具体的问题。例如，在课程的学习中，很多学生会在由静定到超静定的跨越上理解不透。其实，超静定问题根本不组成上面所说的材料力学的最基本体系，换句话说，材料力学作为整体，对超静定问题在逻辑上的要求较低，不过，这并不代表超静定问题在内容上或实际工程中的不重要。第九章的“压杆稳定”问题也是一样，所以下面的“知识骨架”中并没有涉及这些具体问题。

要理解上面的观点，正确理解科学和工程之间的关系是必需的基础，由于篇幅和主题的限制，对于这个问题，在本文中只做提醒。

2、知识骨架

承接上面所述，这一部分是对三章内容的集中表达，即材料力学的核心，也可以说是材料力学这一学科的公式化表达。大部分的材料力学问题都可以由下面这一公式所表达的思路解决或初步解决。

$\sigma \leq [\sigma]$ 是判别式通用式，其中 σ 代表了具体的外界条件作用于具体构件时所产生的效应， $[\sigma]$ 则代表了相应的材料构件所能够承受的效应，由工程实践得到，而中间的不等号一方面是判断作用，表现了一种优化的思想，另一方面也是材料力学学科不断发展的出发点。所以材料力学的所用问题都集中在这两方面效应的计算和比较上面，材料力学分出这么多的章节只是因为有很多的基本类型，绝非有那么多知识原理，所以需要活学活用，而不必面面俱到。例如对于判别式，在强度校核中 σ 就代表应力符号，而若要考虑是什么类型的应力，那就是具体的问题了，可以说是千变万化，所以最初接触材料力学时难免有无法把握的感觉，这需要通过练习来逐步消除。

第一章 绪论及基本概念

一、材料力学的任务

构件正常工作要求：强度、刚度、稳定性；
合理选材、降低消耗、节约资金、减轻自重；
材料力学要合理解决以上两方面的矛盾。

二、基本假设

连续性假设：变形后（正常工作状态下）材料的主要性质不变，仍满足几何相容条件；
均匀性假设：可取相应的单元体代替整体；
各向同性假设：可以用简单的函数表达所要研究的问题。
材料力学的力学模型应满足以上三个假设。另外在初级材料力学阶段，还有小变形假设、弹性变形假设。

三、研究的基本方法

力的研究：静力学方面的知识
运动（变形）的研究：几何学方面
力与运动的关系研究：物理学方面

四、杆件变形的形式

轴向拉伸和压缩、剪切变形、扭转变形、弯曲变形。

五、体会

绪论是一本书最显层次的部分，要完整地涵盖整本书或学科的最主要内容，虽然看不出什么具体的东西，但是已经讲清楚了学科各个方面，之后的任何一章都是以此为出发点的。因此这是全书最重要的三个章节之一，这一章是通过给出该学科的宏观的概念来起作用的，这与第二章不同。所以对材料力学的学习，建议要从绪论开始再从绪论结束，这样才能使自己的把握具有层次。

第二章 轴向拉伸和压缩

首先要说明一点，根据前面知识框架的叙述，本章是《材料力学》最重要的章节之一，希望引起读者的重视。

这一章通过最简单的变形形式（轴向拉压）的介绍，给出了材料力学的大部分“微观”概念，这些概念对于其他的变形来说是大同小异的，所以介绍其他几种变形的章节就没有最重要章节的身份。

鉴于本章的重要性，记述时比较详细，以后各种变形大致均可按照这一章的思路进行学习。

一、基本概念及关系

1、外力 \longleftrightarrow 内力（轴力（图）） \longleftrightarrow 应力 \longleftrightarrow 强度条件

以上公式所涉及的概念也是材料力学各种基本变形所共有的，区别只是计算方法和具体的意义有所不同，但统统可以归为同一种概念。

箭头则表示有已知条件推出未知条件（所求）。其中所用到的截面法也是材料力学中的重要方法，可以代表一定的材料力学的思想，也可以反映材料力学的精度要求。

2、应力

轴向拉压中横截面的应力

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma - \text{正应力} - \sigma = \frac{F_N}{A} \\ \tau - \text{切应力} - \tau = 0 \end{array} \right.$$

应力的概念对于初学者一般是比较难理解的，运用高等数学的思想思考一下就会发现，应力实际上就是内力的微分形式。

3、变形与应变

变形与应变的关系，和内力与应力的关系相仿，即可用微分思想进行理解。

线位移—线应变—线应变

角位移—角变形—角应变

4、应变能

从能量守恒的角度去理解材料力学的问题，由大学普通物理的知识可以知道，这是一种很基本的处理理工学问题的手段。 $V_\varepsilon = W$ 。

5、应力应变曲线

即 $\sigma \sim \varepsilon$ 曲线（见教材），是材料的性能曲线，曲线上表征材料性能的特征值主要有以下几个： σ_p 、 σ_e 、 σ_s 、 σ_b ，可以用角标“pesb”来记忆。

6、强度计算

由绪论可知，强度计算是《材料力学》的主要任务中的重点，基本上对于所有以材料力学为基础的工程问题，强度计算都是不能跨越的。主要有以下三种：

二、主线概念和特殊概念

1、主线概念

主线概念是指，各种基本变形及组合变形都要用到的概念，可以从概念的层面对材料力学有一个整体的把握（其他层面还可以是原理的、方法的等），这些概念均在本章中借由一种基本变形提出。可以理解为“由特殊引出一般”的处理方法。

这些概念分别为：外力——内力——应力——变形——应变——应变能（密度）——应力状态——强度（理论）

其中“——”大致表述出了概念之间的简单逻辑关系，但不够详细完整，将在后面做具体的论述。

2、特殊概念

弹性模量 E 、平面假定、单轴应力状态、拉压刚度 EA 。

三、重要公式

σ_0 、 σ_α 、 τ_α 、 ε 、 ε' 、 Δl 、 V_ε 等的公式。

第三章 扭转

一、基本问题及概念

本章与拉压杆有很多相似，在记述时比较概括：

a、外力 - 内力 (扭矩 T)- 扭矩图 - 截面法

b、应力 - 切应力 $\tau = T/W_p$

c、变形 ϕ 、 ϕ' ，应变 γ

d、强强度与刚度条件： $\tau_{\max} \leq [\tau]$, $\phi' \leq [\phi']$

对以下概念的理解对于本章的学习很重要：

切变模量 G ，极惯性矩 I_p ，扭转截面系数 W_p ，切应力互等定理，纯剪切应力状态，扭转刚度 GI_p 。

二、重要公式

部分量得计算公式有多种，尽量都记住对于对材料力学的理解是很有帮助的，如

$$V_\epsilon = \frac{1}{2} M_e \phi = \frac{M_e^2 I}{2GI_p} = \frac{GI_p}{2I} \phi^2 = \frac{1}{2} \tau \gamma = \frac{\tau^2}{2G} = \frac{G\gamma^2}{2}$$

第四、五章 弯曲

弯曲问题是材料力学的常考题型，学习起来比拉压或扭转当然也要复杂一些，但是这复杂只是具体问题的繁杂，而非有新增的知识点。

在弯曲问题里，基本问题分为三类：做内力图，强度问题，刚度问题。

一、做内力图

主要是剪力图 (F_s)和弯矩图 (M)。方法有三种：

截面法 (又称方程法) 是基本方法；

$$\frac{dM(x)}{dx} = F_s(x), \frac{dF_s(x)}{dx} = q(x);$$

微积分法重视规律性

叠加法属于技巧型方法，应用时要注意最值点。

二、强度问题

如前所述，在所有强度问题上，一般只考虑两类：正应力 (σ) 和切应力 (τ)。

$$\sigma = \frac{My}{I_z}, \sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z}, \tau = \frac{F_s S_z^*}{W_z}, \tau_{\max} = \frac{F_s S_{z\max}^*}{I_z d}$$

a、

b、关于公式的推导，包括前面的计算公式，作者建议以图代记以图助记。此处公式的推导涉及假设、基本图形和原理、近似处理三个部分。具体请读者研读课本。

c、各种几何性质的计算公式及应用的对应关系是一个重要问题。

d、对于四种几何截面 (矩形、工形、圆环形、圆形。图示见课本)，要记住其 S_z^* 和 τ 的

分布规律， τ 公式恒如上， τ_{\max} 均在中性轴处。

e、强度校核包括三类问题 (同前)。

三、刚度问题

对于弯曲变形，刚度问题包括两类：挠度 ω 和转角 θ ，核心公式为：

计算方法有三种：积分法为基本方法；叠加法为技巧方法，需要对相关表格十分熟悉；初参数法体现了微积分的思想，在初级阶段一般用不到。

第六章 超静定

超静定问题解决的关键在于，通过分析几何相容条件的到相应的补充方程。

分析问题的步骤如下： 确定超静定次数 基本静定系 几何相容方程 补充方程 静力平衡方程 全部未知力。

简单荷载下的位移见附录 （孙训方版）。

* 其实超静定问题并不是多大的难点， 其基本思路十分简单， 难点在于对每一步的具体分析，这需要多加练习。

第七章 应力状态和强度理论

一、本章特点

公式很多，需要记忆。有一定的综合程度；

应力状态是为强度理论做铺垫的知识点；

本章实际是材料力学的精髓章节。

二、重要概念

主应力，应力图，相当应力，单元体

三、重要公式

共有四组，分别如下：

1、 σ_α 、 τ_α 、 $\tan 2\alpha$ 、 σ' 、 σ''

2、 σ_{r1} 、 σ_{r2} 、 σ_{r3} 、 σ_{r4} 、 σ_m

3、 ε_x 、 γ_{xy} 、 G 、 θ

4、 v_ε 、 v_ν 、 v_d

这里只列出了公式的所求量，具体公式请自行汇总记忆。

四、综合性

要想应用强度理论， 首先要计算主应力， 要用到应力状态的知识， 而应力状态是以应力的正确求解为基础的。

求应力分量的前提，是各种变形、受力截面下内力和截面几何性质的正确确定。

第八章 组合变形及连接部分的计算

如本章标题所说，本章共有“组合变形”和“连接计算”两类问题。其中连接计算中较为复杂和重要的是“铆钉受扭”问题；组合变形是本章也是材料力学的重点和难点，是考研试题的高频题型。

对于组合变形，基本的问题有“斜弯曲”、“拉(压)弯”、“偏心拉压”、“弯扭”等类型的基本问题。 顾名思义， 这些问题都是之前各章介绍过的单独变形相互组合起来， 对其的研究即是研究在这些变形的组合情况下的材料力学问题（强度、刚度、稳定性等）。

对于组合变形，主要的研究原理是（应力）叠加原理，在具体计算中需要用到应力状态、截面几何性质以及前述各章的知识， 综合性较强， 是将材料力学融会贯通的一章， 但是并没有新的知识点。

对于基本问题公式的记忆还是非常重要的。 此处不再列出， 请读者参看课本进行记忆和理解。

第九章 压杆稳定

压杆稳定问题是材料力学中研究 “稳定性” 的典型题型， 在课程学习时许多同学都会觉得本章很难， 然而本章也没有新的知识点， 难只难在思路的转换和对知识点的领会是否通透， 在这两方面本章起着检验的作用。

本章的思路是将中心受压等直杆的稳定问题转化为一种强度形式 $(\sigma \leq [\sigma]_{st} = \varphi [\sigma])$ 来

衡量，在本文“知识骨架”小节中已经提及了材料力学的主要判别式都是 $\nabla \leq [\nabla]$ ， 这对压杆稳定的问题同样适用。

下面用逻辑图的方式表示本章的主线知识：

小结：

1. $[\sigma]_{st}$ 的推求大体上有三种途径： 参考上图分别为： $i, \lambda, \varphi, [\sigma]_{st}, i, \lambda, \sigma_{cr}, [\sigma]_{st}, F_{cr}, \sigma_{cr}, [\sigma]_{st}$ ；
2. $[\sigma]_{st}$ 是某一特定压杆的固有属性，与受力无关；
3. 重要参数：长度因数 μ 、长细比（柔度） λ 、稳定因数 φ 、稳定安全因数 n_{st} 、惯性半径 i ；
4. 考研主要是通过求 σ_{cr} ，结合 n_{st} 来考查对本章的掌握。

下册第三章 能量法

一、应变能和余能

1、定义式：

应变能 $V_\varepsilon = \int_0^\varepsilon \sigma d\varepsilon$ 、余能 $V_c = \int_0^\sigma \varepsilon d\sigma$ 。

2、内力及截面几何性质为常量时

3、内力及截面几何性质为变量时

4、组合变形

二、卡式定理

卡一： $F_i = \frac{\partial V_\varepsilon}{\partial \Delta_i}$ ；余能定理： $\Delta_i = \frac{\partial V_c}{\partial F_i}$ ；卡二：

三、单位力法

下册第六章 动荷载、交变应力

一、动荷载分类

- 1、匀加速直线运动或等速转动
- 2、冲击力
- 3、交变应力

二、对应研究方法

1、动静法

加惯性力，转化为静力学问题

2、冲击问题

能量法（机械能守恒定律）：冲击物动能和势能的减少等于被冲击物应变能的增加，

$$E_K + E_P = V_g。$$

动荷载因数 K_d ：自由落体：
$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2\lambda}{\Delta_{st}}}$$
；水平冲击：
$$K_d = \sqrt{\frac{v^2}{g\Delta_{st}}}。$$

3、交变应力

应力比 γ ，又称循环特征；应力幅 $\Delta\sigma (\Delta\tau)$

$$\gamma = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \left(\frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}} \right), \quad -1 \leq \gamma \leq 1; \quad \Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}, \quad (\Delta\tau = \tau_{\max} - \tau_{\min})。 \text{ 其中 } \sigma_{\max} \text{ 为绝对值较大者。}$$