

高等学校教材

机械设计学习指导书

王志兆 姚玉泉 主编

东北工学院出版社

机械设计学习指导书

王志兆 姚玉泉 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

机械工业出版社

主编 王志兆 姚玉泉

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

东北工学院出版社

ISBN 7-81000-003-9/TH-19

内 容 提 要

本书是辽宁省高等工科院校《机械设计》系列教材之三。主要介绍《机械设计》教材中, 各章教学的基本要求、重点内容, 并对学习方法提出了指导性意见。其内容与本系列教材中其它教材密切配合, 并且从培养“两个能力”出发, 对于某些章节中的难点进行了必要的提示。本书可供普通高校、职大、业大、电大、函大师生和自学者学习参考。

机 械 设 计 学 习 指 导 书

王志兆 姚玉泉 主编

机 械 设 计 学 习 指 导 书

王志兆、姚玉泉 主编

东北工学院出版社出版 · 辽宁省新华书店发行
(沈阳·南湖) 东北工学院印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 印张: 4 字数: 93 千字
1989 年 2 月 第 1 版 1989 年 2 月 第 1 次印刷
印数: 1~4000 册

责任编辑: 崔华林 责任校对: 孙铁军

ISBN 7-81006-092-9/TH·15 定价: 1.26元

序

为适应教学改革深入发展的需要,逐步编出不同风格、不同特点的教学用书,辽宁省机械设计教学研究会根据国家教委课程教学指导委员会制定的《机械设计课程教学基本要求》组织编写了《机械设计》系列教材,该系列教材包括:《机械设计》、《机械设计习题集》、《机械设计学习指导书》、《机械设计课程设计》、《机械设计程序设计》、《机械设计实验》等六本书。

本系列教材反映了教学改革深入发展的成果,其主要特点为

1. 充分总结了一些院校多年来《机械设计》课程的教学经验和教学方法,教材内容取材合理、适量,文字通俗易懂,便于教师教学和学生学学习。
2. 本系列教材在体系上作了科学的合理分工,内容既充分体现了传统的教学内容,又适当地反映了机械设计学科发展的新内容。
3. 本系列教材使《机械设计》课程教学各阶段教学用书紧密配合,互相呼应,符号、计算公式、计算方法统一,是《机械设计》课程的一套完整而系统的教学用书。

本系列教材适用于高等工科院校机械类专业,也可供有关教师及机械工程技术 人员参考。

本系列教材是在《机械设计》系列教材编辑委员会组织下编写的。期望本系列教材能使学生全面而系统地了解 and 掌握机械设计基本内容、基本理论、基本方法及基本技能,对提高《机械设计》课程的教学质量有所推动。

由于编写本套教材工作量较大,时间短,又缺乏经验,加上编者水平所限,教材中不妥之处,恳请读者批评指正。

辽宁省机械设计教学研究会
《机械设计》系列教材编委会

一九八七年十二月

编 辑 委 员 会

主任委员: 鄂中凯

副主任委员: 李林贵 齐治国 王 金 姜恒甲

委 员: 高泽远 姚玉泉 田世新 王志兆 张锡安 徐承俊

刘孔钧

前 言

本书是“辽宁省高等院校《机械设计》系列教材”之三，本书的主要内容是指出《机械设计》教材中各章的基本要求、重点内容及其学习方法，供普通高等院校、职工大学、业余大学、电视大学、函授大学学生以及自学者学习参考。

《机械设计》课程作为一门培养学生具有机械设计能力的技术基础课。它是机械设计的基础。从基础理论课学习逐渐步入专业课学习的过程中，《机械设计》课是一座桥梁，起着承上启下的作用。它综合运用机械制图、理论力学、材料力学、金属工艺学、金属学及热处理、机械原理、公差及技术测量等先修课的知识，结合本课程讲述的内容，以解决机械传动装置的设计及简单机械的设计问题。

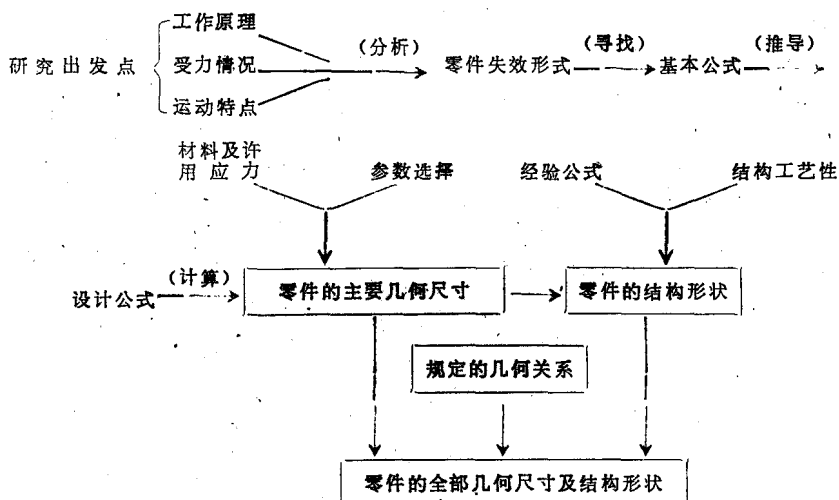
由于课程内容和特点所决定，《机械设计》课的学习方法与要领，同前述理论基础课的学习方法有所不同。为使读者尽快入门，编写了这本《学习指导书》。

在学习《机械设计》课的具体章节前，先提出几点注意事项：

1. 熟悉先修课的有关知识 在学习本课程的某章之前，应先了解一下该章的基本要求、学习重点，并复习一下与本章关系较大的先修课的有关章节，（本书中，在每章学习指导部分的开始有介绍）。

2. 注意联系生产实践 本课程所研究的对象是实实在在的机器，每个机械零件在机器中都起着独自的作用，而各零件间又是互相有联系的。因此，应该在学习过程中经常接触实践，了解机器的工作情况及要求，把各个零件的设计统一到机器整体的要求中来，才能设计出符合实践要求的机械零、部件及机器。

3. 培养处理工程实际问题的能力 处理工程实际问题时，许多现象很难用理论来解释清楚，有些数据也很难单纯用理论公式计算，故常采用基于实验的经验公式计算或采用经验数据。初学者对这种处理方法很不习惯，接受也慢，以致影响学习的积极性。如何尽快地适应这一特点，使学习尽快入门，也是学好本课程很重要的一个方面。



4. 掌握本课程研究问题的方法和规律 初学者往往觉得本课程不象理论基础课（如理论力学、材料力学）那样规律性、系统性强，表面上看似有点“乱”，其实它有着自身的内在联系和规律，希望读者能沿着下面的线索去分析和总结问题（见上页表）

本书所引用的图号、表号及公式号，均与配套教材相同，新增加的图、表、公式，其编号均带“D”，如表 10-1D，以便与《机械设计》教材中的表 10-1 相区别。

本书第六章由东北工学院冯素范老师编写，其余各章均由《机械设计》教材相应章的原编者编写。全书由王志兆、姚玉泉老师主编。

由于编者经验不足，水平有限，所述有不尽然处，恳请广大读者批评指正。

编 者

1988 年 6 月

目 录

前 言	
第 一 章	绪论.....(1)
第 二 章	机械零件设计概述.....(2)
第 三 章	机械零件的强度.....(5)
第 四 章	摩擦、磨损和润滑基础.....(10)
第 五 章	轴毂联接.....(14)
第 六 章	螺纹联接及螺旋传动.....(17)
第 七 章	带传动.....(25)
第 八 章	链传动.....(28)
第 九 章	齿轮传动.....(31)
第 十 章	蜗杆传动.....(38)
第十一章	轴.....(41)
第十二章	滚动轴承.....(44)
第十三章	滑动轴承.....(48)
第十四章	联轴器和离合器.....(51)
第十五章	弹簧.....(54)
参考文献	(55)

第一章 绪 论

一、基本要求

本章^[1]是对本课程^[2]的鸟瞰。学习中应了解：

1. 机械的组成、作用，机械设计工作的意义；
2. 本课程的研究内容、性质，与先修课、后继课的关系以及本课程的主要任务；
3. 机械设计的一般程序和主要工作内容；
4. 机器应满足的基本要求；
5. 机械设计中标准化的内容和重要意义。

二、重点内容

1. 本课程的主要任务

1) 培养学生树立正确的设计思想，了解国家的技术经济政策；2) 使学生掌握设计机械所必须的基本知识、基本理论和基本技能，具有设计机械传动装置和一般机械的能力；3) 培养学生具有运用标准、规范、手册及其它有关技术资料的能力；4) 使学生掌握典型零件的实验方法，获得实验技能的基本训练；5) 使学生了解机械设计的新发展、新动向。

2. 机械设计的一般程序

1) 制定设计工作计划；2) 方案设计；3) 技术设计；4) 施工设计；5) 试制、试验及鉴定；6) 定型产品设计。

3. 机器应满足的基本要求

1) 实现预定功能的要求；2) 安全可靠要求；3) 经济合理要求；4) 操作使用要求；5) 其它特殊要求。

4. 标准化的内容和重要意义。

三、学习指导

本章所提出的一些问题涉及面较广，学生不可能一下子就理解，因此学习时不要死记硬背，应联系先修课及本书后面的有关章节，逐渐加深体会，只有充分体会了，才能真正理解。本章所提出的一些原则精神，如机器应满足的基本要求、机械设计中的标准化等，对学习以后有关章节和从事机械设计的实践均具有指导意义。

注：[1] 这里的“本章”系指《机械设计》教材中的相应章（下同）；

[2] “本课程”指《机械设计》课（下同）。

第二章 机械零件设计概述

一、基本要求

本章围绕机械零件设计过程,对机械零件设计的一些共性问题作综合论述。其内容对后续章、节的具体机械零件设计有指导作用。本章学习要达到如下基本要求:

1. 了解机械零件设计的一般程序;
2. 了解机械零件设计中常用的材料及其选择原则;
3. 了解机械零件的结构工艺性;
4. 深刻理解机械零件常见的失效形式及设计计算准则;
5. 了解机械可靠性基本概念、可靠性特征量(可靠度、累积失效概率、失效率、平均寿命)及其间的函数关系。掌握串联及并联系统可靠度计算和机械零件概率法设计的基本原理及基本概念。

二、重点内容

有三个方面:

1. 机械零件的失效分析 这是非常重要的问题。通过失效分析,了解机械零件常见的失效形式,各种失效形式的特征,发生的条件、原因、失效的后果及预防失效的措施。并能根据失效分析,引出机械零件工作能力设计计算准则。

2. 机械零件的结构工艺性 零件具有良好的工艺性,是机械设计应该满足的要求。制造零件的工艺性好坏与其结构设计有关。因此,设计零件时,除满足使用要求、保证足够的工作能力外,还应有良好的工艺性,即应从毛坯制造、热处理、机械加工、装配及维修等方面,考虑零件结构工艺性,并能根据上述工艺过程说明合理的结构工艺性的基本要点。

3. 重点掌握机械产品可靠性的基本概念及可靠性特征量计算式。

另外,要明确系统、单元的概念及其关系,即系统由单元组成。单元可以是零件、部件或子系统,这要依具体情况确定。要明确单元与系统的功能或失效的逻辑关系,从而明确串联及并联系统的定义及其可靠度计算。

对于机械零件的概率法设计,要掌握基本概念,重点掌握应力-强度干涉模型及其计算。

三、学习指导

1. 掌握本章内容可分为两个阶段。第一阶段,即开始学习本章时,要在以往感性认识基础上,结合一些典型实例,了解机械零件主要失效形式,有条件时,可进行参观或试验。在失效分析基础上,确定机械零件设计计算准则。要结合实际,合理地选择零件的材质及合理地进行结构设计,保证零件具有良好的结构工艺性。了解可靠性的一些基本概念,也要联

系实际，此外，要注意可靠性是研究随机现象本身的规律性。

第二阶段，是通过本书后续各章的学习，逐步加深理解和掌握机械零件设计程序及设计、计算的一些基本原则。

2. 通过失效分析，了解机械零件常见的失效形式、原因及其造成的影响，从而研究防止失效的措施，引出机械零件工作能力计算准则。为了系统地归纳问题，请填写表 2-1D。

表 2-1D

机 械 零 件 失 效 分 析

失 效 形 式		主 要 特 征	实 例	预 防 措 施
整 体 强 度	静强度断裂			
	疲劳断裂			
表 面 破 坏	压 溃			
	磨 损			
	疲劳点蚀			
	胶 合			
	腐 蚀			
变 形 量 过 大	弹性变形			
	塑性变形			
功 能 失 效	打 滑			
	松 动			
	泄 漏			

3. 机械零件的结构工艺性是进行机械设计时必须考虑的问题，应从毛坯制造、机械加工、装配及维修等方面去考虑零件结构工艺性。学习过程中，应总结一下结构工艺性应考虑的基本要点，并填写在表 2-2D 中

表 2-2D

保证结构工艺性的基本要点

工 艺 过 程	结 构 工 艺 性 的 基 本 要 点
铸 造	
机 械 加 工	
装 配	
维 修	

4. 机械可靠性部分, 重点掌握可靠性基本概念及可靠性特征量计算, 为系统总结, 请填写表 2-3D。

表 2-3D

可 靠 性 特 征 量

可 靠 性 特 征 量	符 号	计 算 式	观 测 值 计 算 式
可 靠 度			
累 积 失 效 概 率			
失 效 率			
平 均 寿 命			

第三章 机械零件的强度

一、基本要求

机械零件的强度是机械设计课程中的重点章节之一。强度准则是机械零件计算中最重要的计算准则。在机械零件计算中,强度计算占有很大比重。本章将各种零件强度计算中的共性问题和基本计算公式集中在一起,作重点阐述和理论论证,供后续章节应用。学习本章应达到以下基本要求:

1. 熟练掌握载荷和应力的分类方法,掌握名义载荷和计算载荷的含义及其确定方法,变应力的五个参量($\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$, σ_a , σ_m , r)以及它们之间的相互关系;
2. 掌握静应力下机械零件的强度计算判据,计算应力,许用应力和安全系数的确定方法;
3. 了解疲劳现象和疲劳曲线的来源、意义和用途。在无实验数据的条件下能利用强度极限 σ_B 近似地作出材料的疲劳曲线;
4. 了解疲劳损伤积累的概念和线性疲劳损伤积累理论(即 Miner 定理)的意义及其应用;
5. 了解材料的疲劳极限线图的来源、意义和用途,能根据材料的四个极限应力(σ_B , σ_S , σ_{-1} , σ_0)绘制材料的简化疲劳极限线图;
6. 掌握单向变应力下机械零件的疲劳安全系数校核计算方法,了解单向变应力下机械零件的寿命估算方法;
7. 掌握双向变应力下机械零件的疲劳安全系数校核计算方法;
8. 了解机械零件的接触疲劳强度概念和接触应力计算公式;
9. 会使用本章附录中所列的数表,选取合理数据。

二、重点内容

1. 静应力机械零件强度计算的判据、计算应力公式、材料极限应力和安全系数的确定;
2. 疲劳现象及断口形貌、疲劳曲线及其表达式;
3. 线性疲劳损伤积累理论及其表达式;
4. 材料的疲劳极限线图的功用,常用的简化疲劳极限线图,谢林森折线图的绘制及其数学表达式;
5. 单向变应力下机械零件的疲劳强度计算,包括安全系数计算和零件寿命估算两个方面。

三、学习指导

1. 本章与有关课程的关系。在先修课程中,与本章联系最密切的课程是材料力学,在学习本章的同时应适当复习材料力学中的有关内容,如强度理论部分;

2. 载荷与应力的分类 分析机械零件上所受的载荷和应力, 是对机械零件进行强度计算的首要条件, 因此应对载荷和应力的分类、各类载荷和应力的特征有一全面的认识, 包括:

(1) 大多数机器和零件所受的载荷均为变载荷; (2) 为设计计算方便, 常在名义载荷的基础上乘上一个载荷系数(或工作情况系数) K , 以考虑外载荷的变化。名义载荷乘上载荷系数后的载荷称为计算载荷。将计算载荷视为静载荷作用于零件; (3) 变载荷产生的应力必然是变应力, 但静载荷不一定只产生静应力, 也可能产生变应力; (4) 大多数零件受变应力作用。

学习应力分类时, 应着重了解什么是稳定变应力(也称等幅变应力), 什么是非稳定变应力(也称变幅变应力), 稳定变应力的三种典型形式以及表征它们的五个变应力参量($\sigma_{\max}, \sigma_{\min}, \sigma_a, \sigma_m, r$)。要求作到: 在已知任意两参量的条件下, 能非常熟练地求出其它三个参量。

3. 静应力下机械零件的强度计算 这部分内容很重要, 其中包含许多重要的强度计算概念, 因此, 读者在学习本节之前应复习材料力学中有关强度理论的内容。要熟练地掌握平面应力状态时各强度理论的概念和公式, 并能恰当地运用这些公式去解决零件强度计算问题。

4. 疲劳与疲劳曲线 要了解疲劳现象、疲劳断口形貌和疲劳破坏的特点, 以便为整个疲劳强度计算提供感性知识。要了解疲劳曲线的来源、各段曲线所表达的意义以及各段曲线的数学表达式。应深刻理解: 在循环应力作用下材料的破坏是疲劳破坏, 这时, 其名义应力值可以低于材料的 σ_B 和 σ_S 值; 在循环应力作用下的材料强度极限与应力循环次数(即寿命) N 的大小有关, 在疲劳曲线 AB 段, N 愈大, 材料的强度极限愈小; 反之亦然。在 BC 段, 材料强度极限与 N 无关, 前者称有限寿命区, 后者称无限寿命区。在无限寿命区中, 对应于破断时的材料的最大应力称疲劳强度极限 σ_r 。一般材料表格中常给出 $r = -1$ 时疲劳强度极限值, 即 σ_{-1} 。

要理解式(3-7)并记住式(3-9)和(3-10), 至于公式中的 N_0 和 m 的值不必记忆, 在以后用到时都会给出。

还应了解一下疲劳曲线的近似作图法, 以便必要时应用, 但这部分内容不是主要的。

5. 线性疲劳损伤积累理论(即 Miner 定理) 要理解: (1) 疲劳损伤积累理论是处理规律性非稳定变应力(即变幅变应力)下疲劳强度问题的一个基础理论; (2) 线性损伤积累理论在众多损伤积累理论中最简单、最实用的一种; (3) 线性损伤积累理论的实质就是: 构成损伤的各级应力对材料损伤率之和等于 1 时, 材料即发生疲劳破坏。这个理论的数学表达式为(3-15), 读者在解题和学习以后各章节时应牢记此公式。

6. 材料的疲劳极限线图 要掌握以下内容: (1) 为什么要研究疲劳极限线图? 它的功用是什么? (2) 在工程上为何常用简化的疲劳极限线图? (3) 常用的两种简化疲劳极限线图都是怎样进行简化的? 各有何优、缺点? 各应用于何种情况? (4) 谢林森折线图如何绘制? (5) 谢林森折线图的数学表达式; (6) 等效系数 ψ_σ 和 ψ_σ 的含义是什么?

关于将平均应力折合为应力幅的等效系数 ψ_σ 的说明。试验证明, 平均应力 σ_m 对材料的疲劳强度是有影响的, 在最大应力 $\sigma_{\max}$ 相等的条件下, 减小平均应力 σ_m (即增大应力幅 σ_a), 会使材料试样的寿命减小。但 σ_a 和 σ_m 对疲劳强度的影响是不同的, 两者不能等量齐观。式(3-16)和(3-17)中的 ψ_σ , 其含义就相当于某种材料能把所承受的平均应力转化成等效的应力幅的一种特性。换言之, 非对称循环变应力的平均应力部分乘了 ψ_σ 之后,

就具有与对称循环变应力的应力幅同等的疲劳损伤作用了。在应力的循环特性 r 不变的情况下，这个转化可用图 3-1D 加以说明。

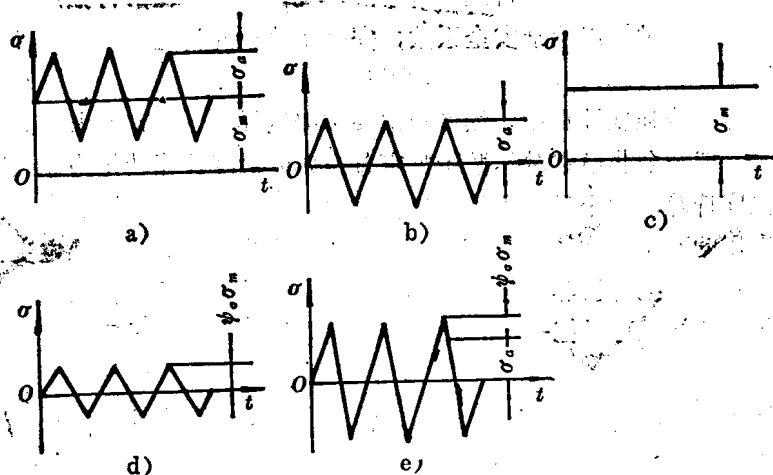


图 3-1D 非对称循环变应力的等效转化（对称化）

由图 3-1D 可见，其中，图 a) 的非对称循环变应力可分解为图 b) 的对称循环变应力和图 c) 的平均应力。图 c) 的平均应力又可等效转化为图 d) 所示的对称循环变应力，最后可将图 b) 和图 d) 合成为图 e) 中的对称循环变应力。这个转化过程又可称为非对称循环变应力的等效对称化。

7. 对于影响零件疲劳强度的三个因素，要求掌握其概念，会利用附录有关表格查得所需数值。

8. 单向变应力下机械零件的疲劳强度计算 实际机械零件的应力状态，多为双向应力状态，单向应力状态遇见的比较少。虽然这样，但单向应力状态下机械零件强度的计算方法却是强度计算的基础。只有在深入地了解了单向应力下的强度计算问题之后，才可进行双向应力状态的研究。

机械零件的疲劳强度计算包括两个方面：一是在材料机械性能、零件结构尺寸和工作应力的已知条件下，对零件进行疲劳强度安全系数校核，以确定该零件工作时是否安全；另一内容是在上述已知条件下对零件进行寿命估算，以满足使用期限的要求。对第一个内容要求读者一定要熟练掌握；对第二个方面的内容作到一般了解，懂得基本原理就行，工作中需要这方面知识时再去看专著。式 (3-26)、(3-33)、(3-34)、(3-35) 要求能熟练地推导、牢固记住、正确运用。

在学习非对称循环稳定变应力下安全系数计算一节时，首先应明确的是：在一个已知的工作应力点 $M(\sigma_m, \sigma_a)$ 条件下，由于零件中应力变化规律（加载规律）的不同，可以求出对应于此工作应力点的无穷多个疲劳极限，即疲劳极限曲线上任何一个点所代表的疲劳极限都可作为该工作应力的极限应力。在本书中采用最简单且最常见的简单加载规律，即 $r = C$ 情况下的极限应力计算方法。其次，在任何一种加载规律下，零件都有出现疲劳破坏和静应力破坏的两种可能性。到底易于出现哪种破坏，则取决于加载规律曲线与简化的谢林森折线图的

哪一段直线相交。若和 AE 直线相交，则首先发生疲劳破坏；如和 ED 直线相交，则首先发生静应力破坏（屈服）。理论上虽然如此，但实际上进行强度计算时并不要求画出疲劳极限图，并判断工作应力变化曲线与折线的哪一段相交。因此，在进行强度计算时，应运用式（3-26）和（3-28），同时算出两个安全系数，安全系数小的就是易于发生破坏的形式（详见例 3-5）

非稳定变应力疲劳强度计算中，读者一定要掌握这样一个基本概念：通过迈内尔（Miner）定理，把一个非稳定对称循环变应力的疲劳强度计算转化为等效的对称循环稳定变应力的疲劳强度计算。这个过程称为等效稳定化。

如果原来作用的不是对称循环非稳定变应力（即为非对称循环非稳定变应力）时，则首先应该通过式（3-36），把各级非对称循环变应力等效对称化，然后再通过式（3-33）和（3-34）进行等效稳定化。这样就可以把一个非对称循环变应力问题当作对称循环变应力问题来处理（详见例 3-6）。

9. 双向变应力下机械零件的疲劳强度计算 主要应掌握式（3-40）的运用，对该式的推导作一般性了解即可。

10. 机械零件的接触疲劳强度 和其他强度一样，接触强度计算也包括接触应力的计算、极限应力和许用应力的确定、以及强度计算判据等三个部分。

接触应力的计算公式由弹性力学导出，本书只是引用。读者不必证明和推导式（3-41）和（3-42），只要会使用这两个公式就可以了。

根据应力和许用应力的确定，一般是根据试验数据确定接触极限应力，根据使用经验确定安全系数，进而计算出许用接触应力，具体方法详见后续有关章节。

本章是重点章，所阐述的概念和公式又是后续章节强度计算的基础理论，故在本章讲授结束后，要进行系统复习并作一小结。小结时应着重疲劳与疲劳曲线、线性疲劳损伤积累理论、单向变应力下机械零件的疲劳强度计算三部分内容。现将疲劳强度计算公式汇总列于表 3-1D 供复习和做习题时参考。

表 3-1D

疲 劳 强 度 计 算 公 式 汇 总 表

应力种类	应力循环特性	单 向 变 应 力	双 向 变 应 力
稳 定 变 应 力	对称循环 $r = -1$	$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{c_{\sigma}\beta}\sigma_a} \geq [S]$	$S = \frac{S_{\sigma}S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S]$
		$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{c_{\tau}\beta}\tau_a} \geq [S]$	式中 S_{σ} —— 同左式 S_{τ} —— 同左式
	非对称循环 $-1 < r < +1$	$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{c_{\sigma}\beta}\sigma_a + \Psi_{\sigma}\sigma_m} \geq [S]$	$S = \frac{S_{\sigma}S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S]$
		$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{c_{\tau}\beta}\tau_a + \Psi_{\tau}\tau_m} \geq [S]$	式中 S_{σ} —— 同左式 S_{τ} —— 同左式

续表 3-1D

应力种类	应力循环特性	单向变应力	双向变应力
规律性非稳定变应力	任意循环 $-1 \leq r < +1$	$S_\sigma = \frac{K_N \sigma_{-1}}{\sigma_i} \geq [S]$ $S_\tau = \frac{K_N \tau_{-1}}{\tau_i} \geq [S]$ $K_N = \sqrt{\frac{N_0}{N_i}}$ $N_0 = \sum_i \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{-1}} \right)^m n_i$ $\sigma_i = \left[\frac{k_\sigma}{c_\sigma \beta} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m \right]_i$ 或 $N_0 = \sum_i \left(\frac{\tau_i}{\tau_{-1}} \right)^m n_i$ $\tau_i = \left[\frac{k_\tau}{c_\tau \beta} \tau_a + \psi_\tau \tau_m \right]_i$	$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S]$ 中 S_σ —— 同左式 S_τ —— 同左式
		k_σ, k_τ 附表 3-1~3-3	c_σ, c_τ 附表 3-4 β 附表 3-5~3-7 ψ_σ, ψ_τ 附表 3-5

第四章 摩擦、磨损和润滑基础

一、基本要求

1. 什么是摩擦、磨损和润滑，以及研究它们的重要意义。
2. 金属表层结构；真实接触面积的含意；存在吸附膜情况下的金属表面摩擦特性、粘着理论的摩擦系数定义和粘着理论要点。
3. 磨损的三个阶段；跑合的作用；材料、载荷、润滑状况对磨损的影响；磨料磨损及其影响因素；粘着磨损及其影响因素；接触疲劳磨损（点蚀）及其影响因素；腐蚀磨损及其影响因素；复合磨损。
4. 摩擦特性曲线的意义；流体润滑、混合润滑和边界润滑的特点及用膜厚比判定摩擦（润滑）状态。
5. 润滑油的主要性能指标；动力粘度和运动粘度的定义、单位及量纲；润滑油的粘—温、粘—压特性及对润滑的影响；润滑油的油性、极压性能及对润滑的影响；常用润滑脂；常用添加剂；润滑剂的选择原则。
6. 流体动压润滑的润滑机理，形成流体动压润滑的条件。
7. 弹性流体动压润滑的特点；线接触弹流油膜形状和油膜压力分布规律；道森—希金森最小油膜厚度计算公式；弹流计算的无量纲化；润滑状态区域图及其应用。
8. 边界润滑的特点；物理吸附膜的润滑特点和润滑机理；化学吸附膜的润滑特点和润滑机理；化学反应膜的润滑特点和润滑机理；吸附膜和反应膜的协调作用。

二、重点内容

1. 金属表层结构及处于边界润滑状态下，金属表面的接触情况和摩擦特性。
2. 磨损的过程，磨料磨损、粘着磨损、接触疲劳磨损的磨损机理及其影响因素。
3. 通过摩擦特性曲线(图4-8)说明在各种润滑状态下，摩擦系数 f 、作用于单位长度上的载荷 w 、两接触表面对润滑油的卷吸速度 v 、润滑油的粘度 η 、两表面的粗糙度 R_a 、最小油膜厚度 $h_{\min}$ 对摩擦特性的影响。
4. 润滑油粘度的物理意义、单位及换算，粘—温特性、粘—压特性及对润滑的影响，润滑油的油性、极压性能对润滑的影响。
5. 弹性流体动压润滑的特点，线接触弹流油膜形状及压力分布规律，最小动膜厚度计算及膜厚比。
6. 物理吸附膜、化学吸附膜及化学反应膜的润滑机理。

三、学习指导

1. 本章涉及物理、化学、弹塑性力学、金属材料学、机械学和粘性流体力学等方面知识。其核心内容是综合上述课程中所学的理论，来分析摩擦、磨损和润滑中的有关现象和机理。学习时应注意到：