

面向 21 世纪

高等学校系列教材

机械设计提要与习题

Guide and Exercise of Mechanical Design

山东理工大学
机械设计及其自动化系 编

西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校系列教材

机械设计提要与习题

Guide and Exercise of Mechanical Design

山东理工大学
机械设计及其自动化系^编

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是为配合高等教育出版社出版的,邱宣怀、郭可谦等主编的教材《机械设计(第四版)》的使用而编写的。

全书共分13章和一个综合训练。这13章内容包括:机械设计概论,机械零件的工作能力和计算准则,机械零件的疲劳强度,螺纹联接,键、花键、销、成形联接,带传动,齿轮传动,蜗杆传动,链传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器和离合器。

本书可作为机械设计专业硕士研究生报考者的复习资料,也可作为大学本科学生的机械设计作业题集(可直接作为作业本和复习资料使用)。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计提要与习题=Guide and Exercise of Mechanical Design

/山东理工大学机械设计及自动化系编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2006.8

(面向21世纪高等学校系列教材)

ISBN 7-5606-1724-7

I. 机… II. 山… III. 机械设计—高等学校—教学参考资料 IV. TH12

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第082009号

策 划 毛红兵

责任编辑 阎 彬 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 5.5

字 数 125千字

印 数 1~4000册

定 价 8.00元

ISBN 7-5606-1724-7/TH·0060

XDUP 2016001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

“机械设计”是高等工科院校机械类专业普遍开设的一门重要的技术基础课程，该课程作为机械设计的基础，关系到设计方法、设计工具、设计手段的培养和启迪。掌握了机械设计方法，对于专业课程的学习可起到重要的作用。

本书主要是为配合高等教育出版社出版的，邱宣怀、郭可谦等主编的教材《机械设计(第四版)》的使用而编写的。

本书共分 13 章和一个综合训练。这 13 章内容包括：第 1 章机械设计概论，第 2 章机械零件的工作能力和计算准则，第 3 章机械零件的疲劳强度，第 4 章螺纹联接，第 5 章键、花键、销、成形联接，第 6 章带传动，第 7 章齿轮传动，第 8 章蜗杆传动，第 9 章链传动，第 10 章轴，第 11 章滑动轴承，第 12 章滚动轴承，第 13 章联轴器和离合器。每章的内容包括知识点分析、思考题、作业与练习三个部分。知识点分析介绍每章的重点和主要内容，紧扣教材主题，可使学生重点、全面、系统地掌握基本工具和方法。思考题主要考查学生对基本概念的理解和掌握。作业与练习部分包含了设计分析、设计方法和设计计算，重点是让学生理清思路，掌握解决问题的方法。本书提供了各种层次的练习题，以供选择。

本书可作为机械设计专业硕士研究生报考者的复习资料，也可作为大学本科学生的机械设计作业题集(可直接作为作业本和复习资料使用)。

本书由山东理工大学机械设计及其自动化系编写。由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2006.6

目 录

第 1 章 机械设计概论	1
一、知识点分析	1
二、思考题	2
三、作业与练习	2
第 2 章 机械零件的工作能力和计算准则	4
一、知识点分析	4
二、思考题	5
三、作业与练习	5
第 3 章 机械零件的疲劳强度	8
一、知识点分析	8
二、思考题	9
三、作业与练习	10
第 4 章 螺纹联接	12
一、知识点分析	12
二、思考题	13
三、作业与练习	15
第 5 章 键、花键、销、成形联接	21
一、知识点分析	21
二、思考题	21
三、作业与练习	22
第 6 章 带传动	24
一、知识点分析	24
二、思考题	25
三、作业与练习	27
第 7 章 齿轮传动	29
一、知识点分析	29
二、思考题	31
三、作业与练习	32
第 8 章 蜗杆传动	42
一、知识点分析	42
二、思考题	44
三、作业与练习	45
第 9 章 链传动	53
一、知识点分析	53
二、思考题	54
三、作业与练习	55

第 10 章 轴	57
一、知识点分析	57
二、思考题	58
三、作业与练习	58
第 11 章 滑动轴承	63
一、知识点分析	63
二、思考题	63
三、作业与练习	64
第 12 章 滚动轴承	67
一、知识点分析	67
二、思考题	67
三、作业与练习	68
第 13 章 联轴器和离合器	75
一、知识点分析	75
二、思考题	75
综合训练	76

第 1 章 机械设计概论

本章主要要求：

明确本课程的内容、性质、特点以及相应的学习方法，对整门课程有一个大致的了解；了解机械零件设计的基本步骤，弄清零件设计在机械设计中的地位，了解机械设计的基本原则和设计程序。

一、知识点分析

1. 课程的性质和任务

(1) 性质：“机械设计”是机械类专业的一门必修课和主干课，对基础课程和后续的专业课程起着承前启后的作用。

(2) 任务：

① 掌握通用零件的设计原理、设计方法及一般设计规范，具有设计传动装置和一般机械的能力。设计、计算是本课程的基本教学内容，但最终目的是综合运用所学知识，设计机械传动装置和一般机械。

② 具有运用相关标准、手册、图册查阅有关资料的能力，能综合运用所学知识，设计出符合要求的零、部件及简单机器。

2. 本课程的特点

与先前所修课程不同，本课程内容较分散、零碎，系统性、逻辑性差，但并不抽象，各零、部件均有实物可见，学习时要善于分析比较，要理论联系实际，找出各章间的联系（共性、个性），不要把各章孤立起来。

3. 基本概念

机械零件(零件)、部件、机器、机构、标准件、非标准件。

4. 零件的一般设计步骤

(1) 分析零件受力情况，画受力简图。

(2) 计算作用于零件的载荷。

(3) 合理选材。

(4) 根据计算准则，确定零件的主要尺寸(有些须圆整或标准化)。

(5) 绘制零件工作图。

二、思考题

1. 为什么说机械零件是组成机器的基本要素？
2. 选定一台简单的机器，分析其中哪些是连接部分，哪些是传动部分，哪些是轴系部分，各用到哪些零件。
3. 本课程的性质和任务是什么？和前面学过的几门技术基础课程相比，本课程有什么特点？

三、作业与练习

1. 什么是名义载荷和计算载荷？二者有何关系？对零件进行计算时，应按哪种载荷计算？
-

2. 典型的机械设计有四个阶段：调查决策、研究设计、试制、投产销售。各阶段的主要任务和设计结果是什么？

--	--

第 2 章 机械零件的工作能力和计算准则

本章主要介绍了应力的分类和强度准则。

本章主要要求：

要求掌握计算机械零件强度的方法。

一、知识点分析

1. 基本概念

失效、工作能力、工作能力计算准则。

2. 载荷与应力的分类

- (1) 载荷的分类。
- (2) 应力的分类。

3. 机械零件的强度

(1) 判断零件强度的方法。

(2) 静应力下的机械零件的强度。在静应力条件下工作，机械零件的失效形式有两种：断裂或塑性变形。

① 单向应力时的塑性材料零件。按照不发生塑性变形的条件进行强度计算，即

$$\sigma_{lim} = \sigma_s \quad \text{或} \quad \tau_{lim} = \tau_s$$

② 复合应力时的塑性材料零件。根据第三或第四强度理论来确定其强度条件，即

$$\sigma_{lim} = \sigma_s \quad \text{或} \quad \tau_{lim} = \tau_s$$

③ 脆性材料和低塑性材料零件。教材中公式(2.1)和公式(2.2)中的极限应力为材料的强度极限。

4. 变应力时机械零件的强度计算

在变应力下工作的零件，其主要失效形式是疲劳断裂。应用教材中式(2.1)~式(2.4)计算疲劳强度时，其极限应力为疲劳极限。

5. 机械零件的表面强度

表面强度分为三种：表面接触强度、表面挤压强度和表面磨损强度。

(1) 表面接触强度。

主要失效形式：

① 静应力下：脆性材料——表面压溃；塑性材料——表面塑性变形。

② 变应力下：表面疲劳磨损——疲劳点蚀，简称点蚀。

不发生失效的强度条件：

$$\sigma_{H\max} \leq [\sigma_H]_{\max}$$

(2) 表面挤压强度。

主要失效形式：塑性材料——表面塑性变形；脆性材料——表面破碎。

挤压强度条件：

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

(3) 表面磨损强度。

在滑动摩擦下工作的零件，常因过度磨损而失效。通常采用条件性计算。

① 滑动速度低、载荷大时，可只限制工作表面的压强，即 $p \leq [p]$ 。

② 滑动速度较高时，还要限制摩擦功耗，以免工作温度过高而使润滑失效，即

$$pv \leq [pv]$$

③ 高速时还要限制滑动速度，以免由于速度过高而加速磨损，降低零件工作寿命，即

$$v \leq [v]$$

二、思考题

1. 何谓失效？失效是否就是破坏？

2. 零件的计算准则与失效形式有什么关系？常用的有哪些准则？它们是针对什么失效形式而建立的？

3. 解释以下术语：

静载荷，变载荷，名义载荷，计算载荷，静应力，变应力，最大计算应力（最大应力）

4. 何谓变应力的循环特性 r ？对于静应力、脉动循环变应力和对称循环变应力，其 r 值各为多少？

5. 变应力只能由变载荷产生吗？静载荷只能产生静应力吗？

6. 计算静应力强度时，对于塑性材料的零件，其极限应力应为多少？对于脆性材料的零件，其极限应力应为多少？计算疲劳强度时，极限应力应为多少？

7. 判断零件强度的方法有哪两种？

8. 根据接触状态和工作条件的不同，零件的表面强度分为哪三种？

9. 依靠表面接触工作的零件，你知道的有哪些？

10. 重型机械中，常见到内接触的零件，为什么？

11. 疲劳点蚀是如何产生的？

12. 提高零件表面强度的措施有哪些？

三、作业与练习

1. 材料的对称循环疲劳极限 $\sigma_{-1} = 13 \text{ kN/cm}^2$ ，取循环基数 $N_0 = 5 \times 10^6$ ， $m = 9$ ，试分别计算循环次数为 7000、25 000 和 60 000 次时的疲劳极限。

2. 某材料的机械性能为 $\sigma_s = 26 \text{ MPa}$, $\Psi_\sigma = 0.2$, $\sigma_{-1} = 17 \text{ MPa}$, 试绘制此材料的极限应力图。

3. 一圆轴材料使用 2 题所用材料，轴肩的尺寸为： $D=54\text{ mm}$ ， $d=45\text{ mm}$ ， $r=3\text{ mm}$ ，在此危险断面处的应力情况为： $\sigma_m=2\text{ MPa}$ ， $\sigma_a=3\text{ MPa}$ ， $\tau_m=0$ ， $\tau_a=30\text{ MPa}$ ，应力的变化规律为： $r=\text{常数}$ ，材料的 $\tau_{-1}=110\text{ MPa}$ ，求该断面处的实际安全系数。

第 3 章 机械零件的疲劳强度

本章主要要求：

理解疲劳曲线及极限应力曲线的来源、意义及用途；能根据材料的几个基本机械性能及零件的几何特性，绘制零件的极限应力简化线图；理解变应力下实际安全系数的公式，理解式中各参数的意义；理解疲劳损伤累计假说和等效稳定变应力的概念；掌握影响机械零件疲劳强度的主要因素，会查阅附录中的有关线图及数表；会用公式计算稳定变应力时的安全系数；掌握疲劳曲线方程式和式中各参数的意义。

一、知识点分析

1. 计算准则

(1) 安全—寿命设计：在规定的工作期间内，不允许零件出现疲劳裂纹，一旦出现，即认为失效。

(2) 破损—安全设计：允许零件存在裂纹并缓慢扩展，但须保证在规定的工作周期内，仍能安全可靠地工作。

2. 疲劳曲线

疲劳曲线是表示循环次数 N 与疲劳极限间关系的关系曲线。

典型的疲劳曲线为双对数坐标曲线。在有限寿命区，按疲劳曲线方程求疲劳极限；在无限寿命区， $\sigma_{r,N} = \text{常数}$ 。

3. 影响机械零件疲劳强度的主要因素

主要影响因素有应力集中、零件尺寸和表面状态等。

试验证明：应力集中、零件尺寸和表面状态都只对应力幅值有影响，对平均应力没有明显影响。为此，将这三个系数合并为一个综合影响系数： $(k_\sigma)_D$ 或 $(k_\tau)_D$ 。

计算时，零件的工作应力幅要乘以综合影响系数或材料的极限应力幅要除以综合影响系数。

4. 疲劳极限应力图

零件的工作应力 (σ_m, σ_a) 应位于安全区域内，其最大应力既不超过疲劳极限，也不超过屈服极限。如图 3-1 所示为塑性材料简化疲劳极限应力图。

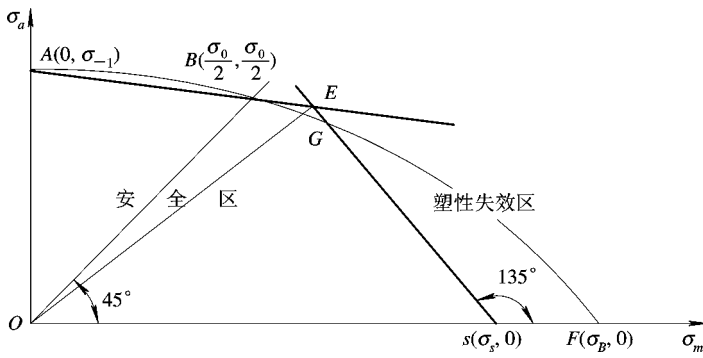


图 3-1 塑性材料简化疲劳极限应力图

5. 稳定变应力时安全系数的计算

(1) 单向应力状态时的安全系数：最大应力安全系数等于应力幅值安全系数。

(2) 复合应力状态时的安全系数：弯曲(拉)应力、扭切应力分别计算，然后求复合应力安全系数。

6. 规律性非稳定变应力时的机械零件的疲劳强度

(1) 疲劳损伤积累假说。

假说：在每一次应力作用下，零件寿命就要受到微量的疲劳损伤，当疲劳损伤积累到一定程度达到疲劳寿命极限时，便发生疲劳断裂。

线性疲劳损伤积累计算：应力每循环一次，就造成零件的一次寿命损伤，故其总寿命损伤率为

$$F = \frac{N_1}{N_1} + \frac{N_2}{N_2} + \cdots + \frac{N_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_i}$$

(2) 等效稳定变应力和寿命系数。

非稳定变应力下零件的疲劳强度计算：

① 先将非稳定变应力折算成单一的与其 F 相等的等效稳定变应力(简称等效应力)。

② 按稳定变应力进行疲劳强度计算。

常取等效应力 σ_e 为非稳定变应力中作用时间最长的和(或)起主要作用的应力。

二、思考题

1. 疲劳断裂分哪两个阶段？

2. 疲劳断裂有何特征？

3. 在疲劳强度安全系数计算公式中，为什么综合影响系数 K_σ 只影响应力幅值，不影响平均应力？计入 Ψ_σ 的意义是什么？

4. 说出下列材料的名称和特性及其使用场合：HT250、45、20Cr、20CrMnTi、GCr15、ZCuSn10P1，并用手册查出各材料的强度极限 σ_B 、屈服极限 σ_s 、硬度及弹性模量 E 。

5. 在计算规律性不稳定的单向循环变应力等效循环次数时，为什么是小于 $\sigma_{-1}/(K_\sigma S_\sigma)$ 的应力可以不计，而不是小于 σ_{-1} 的应力可以不计？

三、作业与练习

1. 45 号钢质的零件，材料的 $HB=240$ ， $\sigma_{-1}=350$ MPa。试求在受到对称循环弯曲应力 $\sigma_1=480$ MPa 和 $\sigma_2=400$ MPa 时，其疲劳循环次数各是多少。若已在 σ_1 作用下工作了 $N'_1=4\times 10^5$ 次循环，预测在 σ_2 作用下还能工作多少次循环。

2. 一碳钢零件工作时受非对称循环弯曲应力作用, $\sigma_m = 100$ MPa, $\sigma_a = 150$ MPa, $(k_\sigma)_D = 1.5$, 硬度 HB=180, 循环次数 $N = 10^6$ 。用作图法求疲劳安全系数 S_σ , 并判断是否需要验算静强度。如需验算, 则用作图法求静强度安全系数。若循环次数 $N = 10^5$ 而其它条件不变, 将出现什么后果?