



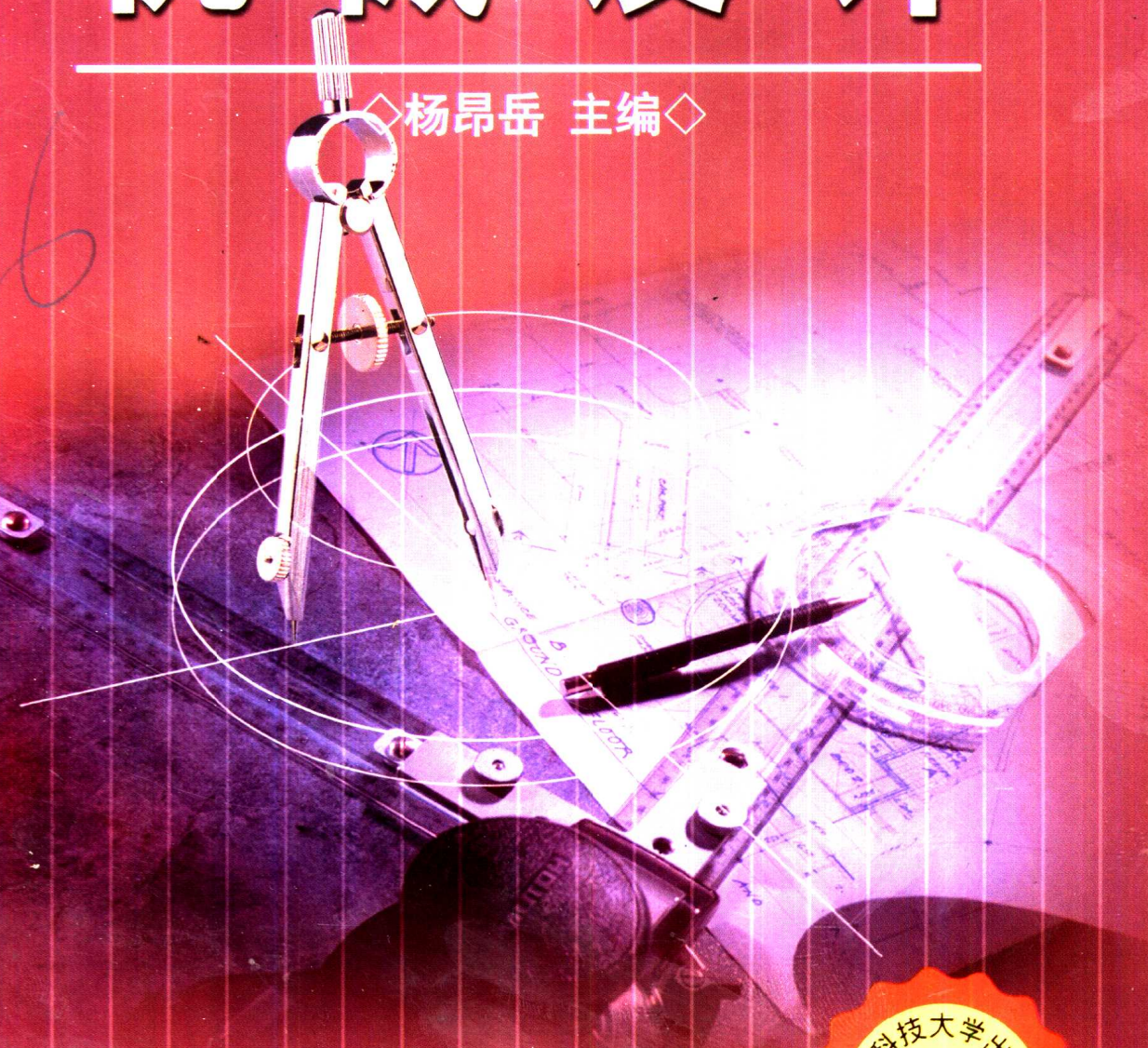
**新世纪**

理工科研究生入学考试指导丛书

**典型题解析与实战模拟**

# 机械 设计

◇杨昂岳 主编◇



国防科技大学出版社  
**2002**

新世纪  
· 科研究生入学考试指导丛书

# 机 械 设 计

## 典型题解析与实战模拟

	杨昂岳		主编
杨昂岳	吴石林	孙立鹏	
龚京忠	卢耀晖	刘磊	编著
曹亚菲	徐国营	毛嘉伟	

国防科技大学出版社  
· 长沙 ·

## 内容简介

本书是根据国家教育部颁布的高等学校工科“机械设计课程教学基本要求”及“机械设计基础课程教学基本要求”编写的《机械设计》课程考研复习及自学辅导教材。全书分解析篇和实战篇,解析篇共十三章,各章包括内容提要、要点分析、典型题解析、考研试题选及考研试题参考答案等内容;实战篇共二章,选编了十一所大学考研试卷十三套,并给出了参考答案。

全书共选辑了全国22所重点大学《机械设计》及《机械设计基础》考研试卷八十多套,所选考研试题量大、面广,具有广泛的代表性。

本书可作为硕士学位研究生报考人员的考前复习辅导教材和本、专科大学生及自考生的自学教材,也是教师们备课、命题的重要参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计:典型题解析与实战模拟/杨昂岳主编. —长沙:国防科技大学出版社,2002.6  
(新世纪理工科研究生入学考试指导丛书)

ISBN 7-81024-849-9

I. 机… II. 杨… III. 机械设计—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 026857 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码 410073

E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑:张静 责任校对:黄煌

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

\*

787×1092 1/16 印张·26 25 字数 606 千

2002年6月第1版第1次印刷 印数 1—4 000 册

\*

定价:38.00 元

# 新世纪理工科研究生入学考试指导丛书

## 编审委员会

### 主任委员：

陈火旺（国防科技大学计算机学院教授，中国工程院院士）

### 副主任委员：

麦中凡（北京航空航天大学计算机科学与工程系教授）

候文永（上海交通大学电子信息学院教授）

彭文生（华中科技大学机械工程学院教授，全国机械设计教学研究会理事长）

### 委员：

屈婉玲（北京大学计算机系教授）

王广芳（国防科技大学计算机学院教授）

陈松乔（中南大学信息工程学院教授）

宁洪（国防科技大学计算机学院教授，全国高校计算机专业教学指导委员会委员）

邹逢兴（国防科技大学机电工程与自动化学院教授）

任钧国（国防科技大学航天与材料工程学院教授）

刘明俊（国防科技大学机电工程与自动化学院教授）

### 策划：

潘生 张静 石少平

# 序

\*\*\*\*\*

新世纪来临,挑战和机遇共存。作为当代大学生和有志青年,当务之急是积累知识,培养能力,以备将来为祖国为人民服务,实现自身的理想和价值。因而,近年来高校“考研热”不断升温,引人关注。

为满足广大学生考研复习之需,更为了适应培养高素质高水平人才的形势,不少出版社出版了辅导学生深入学习课程的参考书,但多是关于数学、外语、政治等公共基础课的,针对各门专业课的指导书较少,精品更少。鉴于此,国防科技大学出版社经多方调研,全面规划,精心组织作者编写了这套旨在帮助学生各门专业课、提高考研应试能力的指导丛书。该套丛书具有以下几大特色:

## (一)作者经验丰富,权威性强

本丛书的作者都是经悉心遴选,从事教学、科研、著书多年,某些是在全国有相当影响、所著的教材(或专著)在相应专业使用较广的资深专家教授。他们都是高校硕士或博士指导教师。他们在编写这套丛书时废寝忘食,躬行写作,将自己多年积累的经验、体会凝聚在字里行间,奉献给广大的读者,相信他们的辛勤劳动成果必然会对大家学习有关课程有极大帮助,这正是我们丛书编审委员会最感欣慰的。

## (二)题目收集广泛,针对性强

这套丛书紧扣国家教育部制定的课程教学大纲和研究生入学考试要求,合理安排各书内容,条理清晰,详略分明,深入浅出,释疑去惑,并广泛搜集近年全国 20 余所重点高

校或研究所考研试卷,加以分析、归纳、提高,使读者既能把握各门专业课程的全貌,又能抓住主脉络,领会其中的主要原理、方法,真正提高能力。

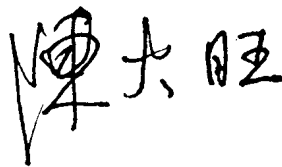
### (三)突出实战模拟,操作性强

这套丛书中每本书分解析篇和实战篇。其中解析篇按章分提要、例题、习题、习题解答,分别讲清理论、分析各种解题技巧、提供练习和检验机会,使学生全面掌握课程的概念、原理、方法和技巧,学深、学透。实战篇,提供几份模拟题及其参考答案、多份重点高校近年考研试卷,供学生在课程考试或考研的前夕实景备战,以巩固复习成果,丰富考场经验,增强自信心。这样的结构安排极利于学生使用好本丛书。

国防科技大学出版社、丛书编审委员会和编写者共同努力,辛勤劳动,所有的书稿均经多次审定、修改,使这套丛书达到了较高的质量水平,相信本丛书必能为在书海中遨游的学子指点迷津,助他们踏上成功之路。

本丛书除了适合高校学生学习使用外,对广大的自学者、相关专业工程技术人员亦会有所裨益。

丛书编审委员会邀我为该书作序,谨寄数言,既是对这套丛书的郑重推荐,也是对该套丛书编写者的敬意。

A handwritten signature in black ink, reading '陳大旺' (Chen Dawang). The characters are written in a cursive, expressive style.

2001年5月

# 前 言

\* \* \* \* \*

《机械设计》是机械类专业的一门主干技术基础课程,它的主要任务是培养学生掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有设计机械传动装置和简单机械的能力。《机械设计》在机械类本科教学体系中占有十分重要的地位,也是机械工程一级学科各专业硕士研究生入学考试的课程之一。该课程内容较多,具有很强的理论性与实践性,初学者往往感到内容抽象,工程实际问题多,不容易抓到重点等等。本书以机械设计的基本知识、基本理论和基本方法为重点,以掌握解题方法和技巧、突出重点和难点为原则,对具有普遍性的典型考研试题,特别是一些考研的重点、难点问题,详尽地给予了分析和解答。

本书为考研人员复习参考书,旨在帮助考生在较短的时间内掌握本课程的精髓及有关内容,进行有效的复习备考;本书也是在校本科生及广大自考人员学习《机械设计》的辅导材料和自学指南;同时,本书还是教师们备课、命题的重要参考资料。

本书是根据教育部高教司制订的“机械设计(原机械零件)课程教学基本要求”及作者多年的教学经验,参考了国内较广泛使用的几种相关教材,辑选了全国二十二所重点大学的“机械设计”、“机械设计基础”及“机械原理与零件”等八十余套考研试卷,精心编写而成。这些学校是:清华大学、北京理工大学、北方交通大学、北京航空航天大学、天津大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、吉林工业大学(现吉林大学)、东北大学、大连理工大学、上

上海交通大学、浙江大学、南京航空航天大学、东南大学、华中理工大学(现华中科技大学)、武汉交通科技大学(现武汉理工大学)、中国地质大学、华南理工大学、重庆大学、西南交通大学、中南工业大学(现中南大学)、国防科技大学。本书所选考研试题面广、量大,在全国有较广泛的代表性,具有重要的参考价值。全书分解析篇与实战篇两大部分。解析篇共十三章,各章包括内容提要、要点分析、典型题解析、考研试题选及考研试题参考答案。在内容提要中,概述了主要内容、基本要求及重点、难点;在要点分析中,对应掌握的基本知识、基础理论和基本方法,尤其是重点、难点内容进行了分析、归纳和指导;在典型题解析中,通过考研试题示范解答,分析了解题要点、思路和技巧;在考研试题选中,每章按简答题、填空题、选择填空题和判断题四种题型归纳了概念性考研试题及模拟题,并选择了较多的分析计算、作图类考研试题;在考研试题参考答案中,除简答题外,全部给出了参考答案。实战篇共二章,选择了十一所重点大学近三年的考研试卷十三套,并给出了参考答案。

需要说明的是,由于各高校使用的教材不尽相同,为保持试题的“原汁原味”,所选各校考研试题中的个别符号也不一致。本书所选试题全部注明了命题学校及年份。

国防科技大学出版社筹划、组织了此书的编写工作,并提供了部分参考资料,编著者在此深表谢意。另外,还要特别感谢为本书提供考题的各高校同行老师及研究生招生办的老师们。感谢国防科技大学机械电子工程与仪器系的领导和同志们的支持与帮助;感谢刘庆辉、焦长君、胡海峰、杨世宁、康念辉五位同学为本书试做了部分试题。

由于编著者水平及时间有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2002年4月



# 目 录

\*\*\*\*\*

## 解 析 篇

### 第一章 机械设计总论

- 1.1 内容提要 ..... (1)
- 1.2 要点分析 ..... (2)
- 1.3 典型题解析 ..... (5)
- 1.4 考研试题选 ..... (8)
- 1.5 考研试题参考答案 ..... (21)

### 第二章 螺纹联接与螺旋传动

- 2.1 内容提要 ..... (27)
- 2.2 要点分析 ..... (27)
- 2.3 典型题解析 ..... (30)
- 2.4 考研试题选 ..... (41)
- 2.5 考研试题参考答案 ..... (58)

### 第三章 轴毂联接

- 3.1 内容提要 ..... (79)
- 3.2 要点分析 ..... (79)
- 3.3 典型题解析 ..... (80)
- 3.4 考研试题选 ..... (82)
- 3.5 考研试题参考答案 ..... (88)

### 第四章 带传动

- 4.1 内容提要 ..... (90)

4.2	要点分析	(90)
4.3	典型题解析	(92)
4.4	考研试题选	(95)
4.5	考研试题参考答案	(103)

## 第五章 链传动

5.1	内容提要	(107)
5.2	要点分析	(107)
5.3	典型题解析	(108)
5.4	考研试题选	(112)
5.5	考研试题参考答案	(116)

## 第六章 齿轮传动

6.1	内容提要	(118)
6.2	要点分析	(118)
6.3	典型题解析	(127)
6.4	考研试题选	(139)
6.5	考研试题参考答案	(159)

## 第七章 蜗杆传动

7.1	内容提要	(172)
7.2	要点分析	(172)
7.3	典型题解析	(174)
7.4	考研试题选	(177)
7.5	考研试题参考答案	(186)

## 第八章 滑动轴承

8.1	内容提要	(191)
8.2	要点分析	(191)
8.3	典型题解析	(194)
8.4	考研试题选	(199)
8.5	考研试题参考答案	(209)

## 第九章 滚动轴承

9.1	内容提要	(215)
9.2	要点分析	(215)
9.3	典型题解析	(219)

9.4	考研试题选 .....	(231)
9.5	考研试题参考答案 .....	(246)

## 第十章 联轴器和离合器

10.1	内容提要 .....	(260)
10.2	要点分析 .....	(260)
10.3	典型题解析 .....	(261)
10.4	考研试题选 .....	(262)
10.5	考研试题参考答案 .....	(267)

## 第十一章 轴

11.1	内容提要 .....	(268)
11.2	要点分析 .....	(268)
11.3	典型题解析 .....	(272)
11.4	考研试题选 .....	(275)
11.5	考研试题参考答案 .....	(283)

## 第十二章 弹 簧

12.1	内容提要 .....	(287)
12.2	要点分析 .....	(287)
12.3	考研试题选 .....	(288)
12.4	考研试题参考答案 .....	(292)

## 第十三章 机械设计综合题

13.1	内容提要 .....	(295)
13.2	典型题解析 .....	(295)
13.3	考研试题选 .....	(303)
13.4	考研试题参考答案 .....	(315)

# 实 战 篇

## 第十四章 重点大学考研试卷选

14.1	国防科技大学 2000 年考研试卷 .....	(335)
14.2	国防科技大学 2001 年考研试卷 .....	(338)
14.3	国防科技大学 2002 年考研试卷 .....	(340)
14.4	哈尔滨工业大学 2000 年考研试卷 .....	(343)
14.5	吉林工业大学 2000 年考研试卷 .....	(346)

14.6	东南大学 2000 年考研试卷 .....	(348)
14.7	大连理工大学 2001 年考研试卷 .....	(349)
14.8	北京航空航天大学 2001 年考研试卷 .....	(355)
14.9	哈尔滨工程大学 2001 年考研试卷 .....	(357)
14.10	华中科技大学 2001 年考研试卷 .....	(360)
14.11	北京理工大学 2001 年考研试卷 .....	(363)
14.12	北方交通大学 2001 年考研试卷 .....	(366)
14.13	中南大学 2002 年考研试卷 .....	(370)

## 第十五章 重点大学考研试卷参考答案

15.1	国防科技大学 2000 年考研试卷参考答案 ..	(373)
15.2	国防科技大学 2001 年考研试卷参考答案 ..	(376)
15.3	国防科技大学 2002 年考研试卷参考答案 ..	(379)
15.4	哈尔滨工业大学 2000 年考研试卷参考答案 .....	(381)
15.5	吉林工业大学 2000 年考研试卷参考答案 ..	(383)
15.6	东南大学 2000 年考研试卷参考答案 .....	(387)
15.7	大连理工大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(388)
15.8	北京航空航天大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(392)
15.9	哈尔滨工程大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(394)
15.10	华中科技大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(397)
15.11	北京理工大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(399)
15.12	北方交通大学 2001 年考研试卷参考答案 .....	(402)
15.13	中南大学 2002 年考研试卷参考答案 .....	(405)
<b>参考文献</b> .....		(408)

## 第一章

# 机械设计总论

### 1.1 内容提要

本章涵容了教材中的绪论,机械及机械零件设计概要,机械零件的强度,摩擦、磨损及润滑概述等几章的内容。具体内容包括。

1. 机械在国民经济建设中的地位和作用。
2. 本课程的内容、性质、任务和学习方法；
3. 机械设计的一般程序；
4. 机械零件设计的一般步骤和方法；
5. 机械零件的失效形式和设计准则；
6. 标准化的内容和重要意义；
7. 机械零、部件所载荷及应力的类型,变应力的种类和特点；
8. 静应力下机械零件的强度判断方式。单向应力状态及复合应力状态下危险剖面上计算应力及表面接触应力的计算；
9. 变应力作用下机械零件的强度问题:(1)变应力作用下机械零件的失效特征及影响疲劳强度的主要因素;(2)疲劳曲线( $\sigma-N$  曲线)、极限应力图( $\sigma_m-\sigma_a$  图)、疲劳损伤累积假说(曼耐尔定理)的含义及极限应力的确定方法;(3)变应力作用下机械零件的强度计算；
10. 摩擦、磨损和润滑在机械制造中的意义；
11. 干摩擦、边界摩擦、混合摩擦和液体摩擦的特点,各类摩擦状态对摩擦系数  $\mu$  的影响,干摩擦的机理；
12. 摩擦与磨损的相互关系,磨损对机器寿命和性能的影响,磨损的实质和基本规律,磨损的分类,各类磨损的影响因素,减少磨损的各种措施；
13. 润滑的作用,润滑材料的分类,各类润滑材料的性能指标,润滑剂的选用原则。

本章的重点内容是零件的失效形式和设计准则,稳定循环变应力作用下单向应力状态及复合应力状态下的强度计算,各种摩擦及磨损的机理、物理特征及其影响因素。难点是变应力作用下零件的疲劳曲线、极限应力图、疲劳损伤累积假说及其应用。

## 1.2 要点分析

### 1. 关于机械零件所受的应力类型及其相应的强度计算式

机械零件所受的应力可分为静应力和由变载荷及静载荷产生的变应力两大类。依据两类不同性质的应力作用下零件将发生的失效形式的不同,可建立相应的强度计算式。

进行静应力作用下强度计算时,要根据应力状态来确定零件危险剖面上的最大工作应力。当单向应力状态时,计算应力就是其最大工作应力;当复合应力状态时,塑性材料零件的最大工作应力常按第三强度理论计算。

在变应力种类中,稳定循环单向变应力是最基本的变应力。它又按循环特征  $r$  值的不同,分为对称循环变应力( $r=-1$ ),脉动循环变应力( $r=0$ )和非对称循环变应力( $0 < r < 1, -1 < r < 0$ )。不论稳定循环变应力的  $r$  为何值,其强度计算都是  $S = \sigma_r / \sigma_{\max} \geq [S]$ , 即安全系数 =  $\frac{\text{极限应力}}{\text{最大工作应力}} \geq$  许用安全系数。从研究问题的角度出发,可把任何稳定非对称循环变应力看作是由一静应力(其大小等于原变应力的平均应力  $\sigma_m$ )和一对称循环变应力(其最大应力等于原变应力的应力幅  $\sigma_a$ )所叠加而成的变应力,如图 1-1 所示。这样分解,有助于理解为何在考虑疲劳强度因素对极限应力的影响时,只需用综合影响系数  $(K_\sigma)_D$  (或  $(K_\tau)_D$ ) 修正变应力中的应力幅  $\sigma_a$  部分,而不必修正平均应力  $\sigma_m$ 。

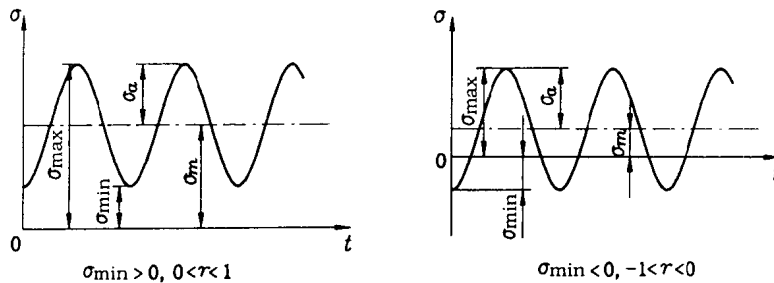


图 1-1

### 2. 关于疲劳曲线( $\sigma-N$ 曲线)及极限应力图( $\sigma_m-\sigma_a$ 图)的含义与应用

(1) 金属材料的疲劳曲线( $\sigma-N$  曲线)是取同一  $r$  值、不同  $N$  值时做试验得到的。它表示在给定循环特征  $r$  的条件下,应力循环次数  $N$  与疲劳极限的关系曲线。疲劳曲线方程为  $\sigma_r^m = \text{常数}$ , 如图 1-2 所示。由试验得知,不同材料具有不同的疲劳曲线。就图 1-2 而言,曲线  $AB$  上的点均表征着对应  $N$  时的极限应力值。随应力  $\sigma$  的减小,材料到破坏时经历的循环次数  $N$  就相应增加。取  $N_0$  为循环基数,其对应的应力值称为疲劳极限  $\sigma_r$ 。不同材料的  $N_0$  值不同。 $N_0$  将  $\sigma-N$  曲线分为无限寿命区( $N > N_0$  区)及有限寿命区( $N <$

$N_0$  区)。在  $N < N_0$  区内曲线上各点代表的应力值称为有限寿命下的条件疲劳极限应力  $\sigma_{r,N}$ 。可根据疲劳曲线方程导出  $\sigma_{r,N}$  的计算式。 $\sigma_{r,N} = \sqrt[m]{N_0/N} \cdot \sigma_r = k_N \sigma_r$ ，式中  $k_N = \sqrt[m]{N_0/N}$  称为寿命系数。当  $N \geq N_0$  时，取  $k_N = 1$ ，则  $\sigma_{r,N} = \sigma_r$ 。当  $N < N_0$  时， $k_N > 1$ ，显然  $\sigma_{r,N} > \sigma_r$ ，即有限寿命的疲劳极限应力大于疲劳极限值。这就意味着，零件按有限寿命设计和按无限寿命设计将获得不同结构的基本尺寸。因此，要分清按哪一种情况设计。当  $r = -1$  时， $\sigma_r = \sigma_{-1}$ ，只要知道材料及  $N$ ，便可按上式计算出  $\sigma_{-1,N}$  值及进行安全系数  $S$  计算和强度校核。

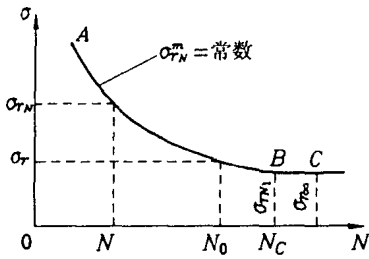


图 1-2 疲劳曲线

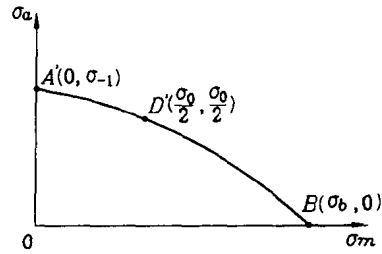


图 1-3 塑性材料极限应力图

(2) 材料的极限应力图 ( $\sigma_m$ - $\sigma_a$  图) 是在同一  $N$  值 (常取  $N = N_0$ )、不同  $r$  值时试验得到的, 如图 1-3 所示。为方便作图及应用, 一般采用折线  $AGC$  代替曲线  $AGC$  (对塑性材料为折线  $ADB$ ), 得到简化极限应力图, 如图 1-4 所示。图中, 折线  $AGC$  上的点表征对应于  $-1 \leq r \leq +1$  时的极限应力。横坐标轴上任何一点都代表应力幅  $\sigma_a = 0$  的应力即静应力,  $GC$  线上任一点均代表极限应力等于屈服极限  $\sigma_s$  的变应力状况。只要塑性材料所受的工作应力处于  $OAGC$  区域内, 则表示不发生破坏; 如在此区域外, 则表示一定发生破坏, 且由  $GC$  线确定极限应力的材料在过载时首先可能发生的是屈服失效; 如工作应力正好处于折线  $AGC$  上, 则表示工作应力状况正好达到极限状态。由于金属材料制成的机械零件总会存在几何形状变化, 尺寸大小不同, 加工质量及强化差异等因素的影响, 使得零件的疲劳极限要小于材料试件的疲劳极限, 所以在计算机械零件强度时, 要考虑应力集中、绝对尺寸和表面状态等对疲劳强度的影响, 因此

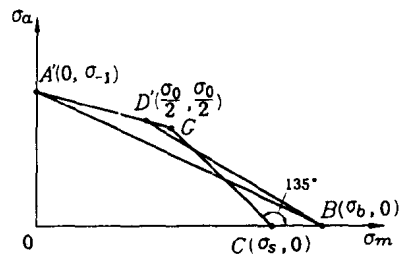


图 1-4 塑性材料简化极限应力图

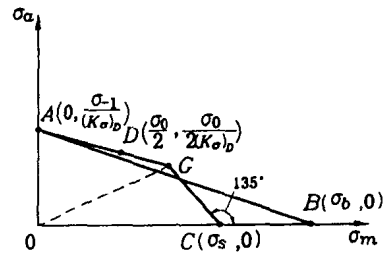


图 1-5 考虑  $K_s$ 、 $\epsilon$ 、 $\beta$  影响的极限应力图

要引入综合影响系数  $(K_s)_D = \frac{K_s}{\epsilon \beta}$  (或  $(K_r)_D = \frac{K_r}{\epsilon_r \beta}$ ) 对变应力的应力幅部分进行修正。用  $(K_s)_D$  修正后的塑性材料零件极限应力曲线由折线  $AGC$  表示, 极限应力图如图 1-5 所示。

在进行机械零件的安全系数计算时, 首先要求出机械零件危险剖面上的最大工作应

力  $\sigma_{\max}$  及最小工作应力  $\sigma_{\min}$ , 计算出  $\sigma_m$  及  $\sigma_a$ , 然后在极限应力图中标出工作应力点  $M(\sigma_m, \sigma_a)$  的位置, 计算安全系数  $S$  所用的极限应力  $\sigma_r$  应是零件极限应力折线  $AGC$  上某一个点所代表的应力。这一点, 要由零件工作应力的变化规律确定。零件工作应力变化规律通常有三种: (1)  $\sigma_a/\sigma_m = \text{常数}$  (例如绝大多数转轴的应力状况), 计算时所用极限应力的循环特征必须与零件工作应力的循环特征相同。(2)  $\sigma_m = \text{常数}$  (例如弹簧振动时的应力状况), 计算时所用的极限应力的平均应力必须与零件工作应力的平均应力相同。(3)  $\sigma_{\min} = \text{常数}$  (例如紧螺栓联接中螺栓受轴向变载荷时的应力状况), 计算时所用的极限应力的最小应力必须与零件工作应力的最小应力相同。依上述原则, 确定所用极限应力在极限应力曲线上的位置。在工程设计中, 当难以确定所设计的机械零件的应力变化规律时, 一般可按  $\sigma_a/\sigma_m = \text{常数}$  的简单应力循环规律处理。所以在此只讨论稳定循环单向应力状态  $\sigma_a/\sigma_m = \text{常数}$  时的  $\sigma_r$  的确定方法: 在图 1-5 上连接  $OG$ , 将图分为  $OAG$  区和  $OGC$  区, 若零件工作应力点  $M(\sigma_m, \sigma_a)$  位于  $OAG$  区, 连  $OM$  并延长与  $AG$  直线相交, 交点  $M'(\sigma'_{mc}, \sigma'_{ac})$  所代表的应力值即为所求  $\sigma'_{\max} = \sigma'_{mc} + \sigma'_{ac}$ , 联立  $AG$  直线方程与  $OM(M')$  直线方程求解得  $\sigma'_{\max} = \sigma_{-1}(\sigma_a + \sigma_m) / [(K_\sigma)_D \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m]$ , 零件的安全系数  $S_\sigma = \sigma'_{\max} / (\sigma_a + \sigma_m) = \sigma_{-1} / [(K_\sigma)_D \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m]$ , 其强度条件为  $S_\sigma \geq [S_\sigma]$ ; 若零件工作应力点  $N(\sigma_m, \sigma_a)$  位于  $OGC$  区, 其极限应力由  $GC$  直线确定, 显然  $\sigma'_{\max} = \sigma'_m + \sigma'_a = \sigma_S$ , 零件的安全系数  $S_\sigma = \sigma'_{\max} / (\sigma_a + \sigma_m) = \sigma_S / (\sigma_a + \sigma_m)$ , 其强度条件为  $S_\sigma \geq [S_\sigma]$ 。由此可知, 在  $\sigma_a/\sigma_m = \text{常数}$  条件下, 凡工作应力点位于  $OGC$  区由  $GC$  线决定极限应力时, 只需进行静强度计算。

对于剪切变应力, 只需把上述  $S$  计算公式中的正应力  $\sigma$  改为剪应力  $\tau$  即可。

当设计的零件应力循环次数  $N$  在  $10^3 < N < N_0$  的范围时, 进行疲劳强度计算所用的极限应力  $\sigma_{lim}$  应是有限寿命条件下的疲劳极限  $\sigma_{rN}$ 。  $\sigma_{rN} = k_N \sigma_r$ , 所以安全系数计算式为  $S_\sigma = \sigma_{rN} / (\sigma_a + \sigma_m) = k_N \sigma_r / (\sigma_a + \sigma_m)$ 。

### 3. 关于影响机械零件疲劳强度的主要因素

影响机械零件疲劳强度的主要因素有材料性能、应力循环特征  $r$ 、应力循环次数  $N$ 、应力集中、绝对尺寸和表面状态等。在进行疲劳强度计算时, 必须充分考虑这些影响因素。要注意两点: (1) 因为在其他条件相同下, 钢的强度越高, 综合影响系数  $(K_\sigma)_D$  或  $(K_\tau)_D$  值越大, 所以对于用高强度钢制造的零件, 为了得到提高强度的效果, 必须采取减少应力集中及适当提高表面质量的措施。(2) 在考虑应力集中影响时, 若零件危险剖面处有多个不同的应力集中源, 则应取诸有效应力集中系数  $K_\sigma$  (或  $K_\tau$ ) 中较大者代入式

$$(K_\sigma)_D = \frac{K_\sigma}{\epsilon \beta} \left( \text{或} (K_\tau)_D = \frac{K_\tau}{\epsilon \beta} \right) \text{中计算。}$$

### 4. 工程中的摩擦、磨损和润滑问题

摩擦、磨损和润滑是一门综合性的学科, 涉及到物理、化学、弹塑性力学、金属材料学、机械学和粘性流体力学等科学知识。在工程实际中, 摩擦、磨损和润滑现象不是孤立的, 而是互相影响的。如跑合磨损可以使摩擦系数减少; 粘着磨损会使摩擦系数增大, 甚至卡死。还应当注意到, 摩擦和磨损在一般情况下是有害的, 但在某些情况下却是有益的。例如零件的摩擦、磨损使其寿命缩短, 效率降低, 是有害的。但在摩擦传动和带传动中, 摩擦力的增大则对传动是有利的。



### 5. 学习常见的摩擦状态时,要注意其形成条件和特点

干摩擦,严格来说只能在理想洁净的干燥表面及真空条件下才可能出现。而通常的干摩擦,是指没有给摩擦表面加入润滑剂时的摩擦。流体摩擦,其表面间有足够厚的油层,将两表面完全隔开,摩擦发生在润滑剂内部,是属于润滑剂的内摩擦,所以摩擦系数很小,但是这种摩擦状态不容易获得。边界摩擦,其表面间存在着一层极薄的润滑膜,它不能将两表面完全隔开,其润滑作用取决于润滑剂的粘度,润滑剂所含的活性物质及润滑膜与摩擦表面的相互作用。混合摩擦是在同一接触表面间同时出现上述几种摩擦状态的摩擦,是生产实际中最常见的摩擦状态。通常用膜厚比  $\lambda = \frac{h_{\min}}{\sqrt{R_{a1} + R_{a2}}}$  判别摩擦状态:当  $\lambda < 0.4$  时为边界摩擦;当  $0.4 \leq \lambda \leq 3$  时,为混合摩擦;当  $\lambda > 3 \sim 5$  时,为流体摩擦。

### 6. $\eta v/p$ 与润滑状态

摩擦特性曲线的横坐标  $\eta v/p$  是无量纲参量,随着  $\eta v/p$  的变化,摩擦副的润滑状态跟着变化。当  $\eta v/p$  增大时,摩擦状态由边界摩擦过渡到混合摩擦、流体摩擦。摩擦系数  $\mu$  在边界摩擦区和混合摩擦区由大变小,但在流体摩擦区,随着  $\eta v/p$  的增大,由于流体运动阻力增大,摩擦系数  $\mu$  缓慢增大。影响摩擦特性的因素有:润滑油的动力粘度  $\eta$ ,速度  $v$ ,最小油膜厚度  $h_{\min}$ ,表面粗糙度  $R_a$ 。边界润滑时, $h_{\min} \rightarrow 0$ ;混合润滑时, $h_{\min} \approx R_a$ ;流体润滑时, $h_{\min} \gg R_a$ 。磨损只发生在边界润滑和混合润滑状态下,流体润滑状态下几乎无磨损。

### 7. 磨损过程曲线展示了机械零件磨损的普遍规律

客观地说,机械零件的磨损是难以避免的。通过对曲线进行分析可知,要想使零件的使用寿命延长,可以采用下面的措施:(1)缩短跑合时间,即严格遵守跑合规程,适当加研磨剂,跑合后换油清洗干净。(2)合理选用润滑剂,降低磨损率  $\epsilon$ ,延长第 II 阶段的时间,推迟第 III 阶段的到来,这样就能延长零件的寿命。

金属零件接触表面的磨损以粘着磨损、磨料磨损和接触疲劳磨损为重点,学习时应弄清楚磨损机理及减少磨损的措施。在生产实际中,单一形式的磨损较少出现,通常出现的是多种磨损形式共存的复合形式。学习中要注意与后续章节的齿轮传动、蜗杆传动、链传动、滑动轴承和滚动轴承等章节的失效分析结合起来,这样才能对各种磨损的机理逐步加深理解。

8. 学习润滑剂及其主要的性能指标时,重点应放在润滑油上,而对其他润滑剂只作一般了解

润滑油是粘性流体,符合粘性定律表达式  $\tau = -\eta \frac{\partial v}{\partial y}$ 。润滑油粘度是重要的概念,要弄清楚它的物理意义和常用单位的换算。对粘-温、粘-压特性及其对润滑的影响要有一定的了解。要掌握润滑剂的选用原则。

## 1.3 典型题解析

本章考研试题可分三种类型:一是基本概念题,内容涉及面较广,涉及到机械零件设