

高等学校机械基础系列课程教材

机械设计学习与考研辅导

主编 殷耀华
主审 毛谦德



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校机械基础系列课程教材

机械设计学习与考研辅导

主编 殷耀华

主审 毛谦德

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是针对高等学校机械类专业的学生进行《机械设计》课程的课余自学、复习、课程应考以及报考机械类专业研究生所编写的。每章按基本内容、重点要点、典型例题分析、习题与解答四部分编写,书后附北京理工大学历年的本科生和研究生考试试题并给出参考答案,对于学生的期末应考和考研,都具有很强的针对性和很高的实用价值。

本书除可以供机械类专业学生应考和考研参考外,还可做为教师备课、命题的参考资料,也可供有关技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计学习与考研辅导/殷耀华主编. —北京:北京理工大学出版社,2005.8

(高等学校机械基础系列课程教材)

ISBN 7-5640-0470-3

I. 机… II 殷… III. 机械设计-高等学校-教学参考资料
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 054934 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / chiefedit@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 306 千字

版 次 / 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 22.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 王 军

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是针对高等学校机械类专业的学生进行《机械设计》课程的课余自学、复习、课程应考以及报考机械类专业研究生而编写的,涵盖了《机械设计》课程的基本内容。

《机械设计》在机械类本科教学体系中占有重要的地位,也是机械工程一级学科各专业硕士研究生入学考试必考课程之一。本书内容丰富,实用性强。为使学生在较短的时间内掌握《机械设计》课程的精髓及主要内容,本书在编写过程中,特意强调了各章的重点、难点,然后再进行有针对性的阐述基本内容,并附有习题及解答。每章的编写过程大致是按基本内容、重点要点、典型例题分析、习题与解答四部分编写,具有很强的针对性。书后附北京理工大学历年的本科生和研究生入学考试试题,并给出参考答案,对于学生的期末应考和考研,具有很高的实用价值。

参加本书编写的有:殷耀华(前言,第一章,第十一章和第三、四、五、六、十三、十四章的第一、二部分),王晓力(第二章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十二章),付铁(第三、四、五、六、十三、十四章的第三、四部分),孔凌嘉(附录1、附录2)。

全书由毛谦德教授主审。毛谦德教授的认真评审,使本书避免了许多错误,编者在此表示衷心的感谢!另外,本书在编写及出版过程中,得到北京理工大学出版社的大力支持和帮助,在此表示感谢!

由于编者的水平有限,时间仓促,本书错误之处,在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2005年2月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、基本内容	(1)
二、重点要点	(1)
三、典型例题分析	(5)
四、习题与解答	(6)
第二章 摩擦 磨损 润滑	(11)
一、基本内容	(11)
二、重点要点	(11)
三、典型例题分析	(15)
四、习题与解答	(15)
第三章 圆柱齿轮传动	(19)
一、基本内容	(19)
二、重点要点	(19)
三、典型例题分析	(24)
四、习题与解答	(27)
第四章 锥齿轮传动	(37)
一、基本内容	(37)
二、重点要点	(37)
三、典型例题分析	(38)
四、习题与解答	(40)
第五章 蜗杆传动	(44)
一、基本内容	(44)
二、重点要点	(44)
三、典型例题分析	(47)
四、习题与解答	(50)
第六章 带传动	(58)
一、基本内容	(58)
二、重点要点	(58)
三、典型例题分析	(61)
四、习题与解答	(63)
第七章 螺旋传动	(68)
一、基本内容	(68)
二、重点要点	(68)
三、典型例题分析	(71)

四、习题与解答	(71)
第八章 螺纹连接	(74)
一、基本内容	(74)
二、重点要点	(74)
三、典型例题分析	(78)
四、习题与解答	(84)
第九章 轴毂连接	(95)
一、基本内容	(95)
二、重点要点	(95)
三、典型例题分析	(97)
四、习题与解答	(98)
第十章 轴	(102)
一、基本内容	(102)
二、重点要点	(102)
三、典型例题分析	(104)
四、习题与解答	(105)
第十一章 滚动轴承	(110)
一、基本内容	(110)
二、重点要点	(110)
三、典型例题分析	(114)
四、习题与解答	(118)
第十二章 滑动轴承	(134)
一、基本内容	(134)
二、重点要点	(134)
三、典型例题分析	(137)
四、习题与解答	(140)
第十三章 联轴器 离合器	(147)
一、基本内容	(147)
二、重点要点	(147)
三、典型例题分析	(148)
四、习题与解答	(149)
第十四章 密封	(152)
一、基本内容	(152)
二、重点要点	(152)
三、典型例题分析	(153)
四、习题与解答	(153)
附录 1 历年北京理工大学本科生机械设计期末考题与参考答案	(155)
附录 2 历年北京理工大学研究生机械设计入学考题与参考答案	(180)
参考文献	(206)

第一章 绪 论

一、基本内容

本章对机械设计课程的性质、内容、任务以及对机械设计的过程做了简单的介绍,通过对机械零件的载荷和应力的分析,归纳了机械零件的主要失效形式和针对不同失效形式的机械零件的设计准则。

二、重点要点

1. 载荷分析

(1) 载荷的形式:为了简化计算,机械零件所受到的载荷通常归纳如下几种:

集中力 $F(\text{N}, \text{kN})$ 、分布力 $q(\text{N}/\text{mm})$ 、转矩 $T(\text{N}\cdot\text{m}, \text{N}\cdot\text{mm})$ 、弯矩 $M(\text{N}\cdot\text{mm})$ 等。

(2) 功率与转矩、转速的关系:

$$T_1 = 9549 \frac{P_1}{n_1}$$

式中: T_1 ——输入转矩, $\text{N}\cdot\text{m}$;

P_1 ——输入功率, kW ;

n_1 ——输入轴转速, r/min 。

(3) 载荷的种类:

① 按与时间的关系分:

④ 静载荷 大小和方向不随时间变化或变化非常缓慢的载荷。

⑤ 变载荷 大小和方向随时间变化的载荷,又分为:

• 随机变载荷 大小和方向随时间变化,无规律可循的载荷(略)。

• 循环变载荷 大小和方向随时间作周期性变化的载荷,又有以下几种形式:

一般循环变载荷;对称循环变载荷;脉动循环变载荷。

几种典型的载荷种类见图 1-1。

② 按应用计算场合分:

③ 额定载荷 指原动机标牌功率或由此而计算出来的载荷,也叫名义载荷。

⑥ 工作载荷 指机器工作部分在某段时间、某种工况下实际承受或输出的载荷。

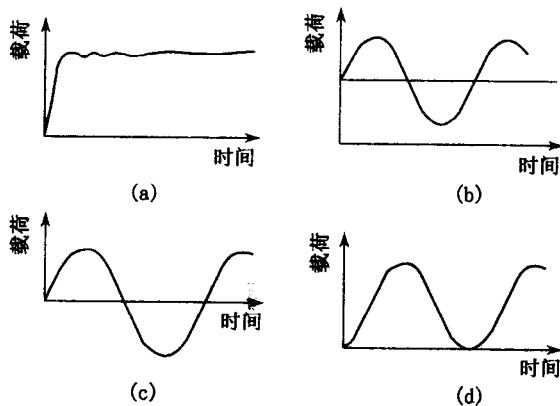


图 1-1 几种典型的载荷种类

(a) 静载荷; (b) 一般循环变载荷;

(c) 对称循环变载荷; (d) 脉动循环变载荷

③ 计算载荷 考虑实际工作条件(如冲击、振动等)下,产生附加载荷后的有效作用载荷。通常是额定载荷乘以不同因素的影响系数。

2. 应力分析

(1) 应力种类。

① 静应力 大小和方向不随时间变化或变化非常缓慢的应力。

② 变应力 大小和方向随时间变化的应力,又分为:

④ 随机变应力 大小和方向随时间变化,无规律可循的应力(略)。

⑤ 循环变应力 大小和方向随时间作周期性变化的应力,又有以下几种形式:

一般循环变应力;对称循环变应力;脉动循环变应力。

几种典型的应力种类见图 1-2。

(2) 载荷与应力的关系。

变载荷产生变应力,但变应力也可能由静载荷产生。在静载荷作用下产生变应力的例子如图 1-3 所示,图示为转轴 a 点的应力变化。

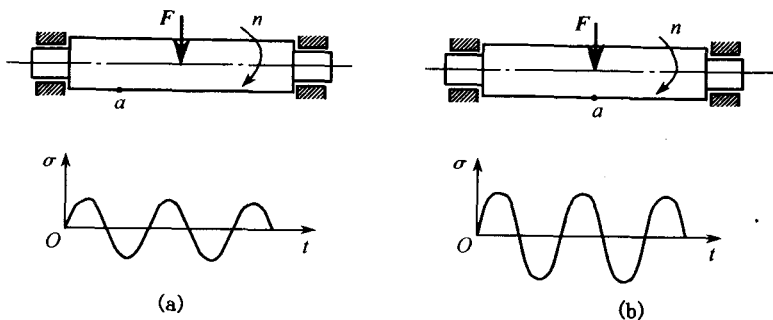


图 1-3 静载荷作用下产生的变应力

(a) 一般位置;(b) 中心位置

(3) 变应力主要参数的含义。

变应力主要参数的含义见图 1-4。

应力幅 $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$

平均应力 $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$

式中, $\sigma_{\max}$ ——最大应力; $\sigma_{\min}$ ——最小应力。

应力特性系数 $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$

σ_{rN} 表示在 r 种类的变应力作用下,材料的有限寿命($10^4 < N < 10^6 \sim 25 \times 10^6$)的疲劳极限。

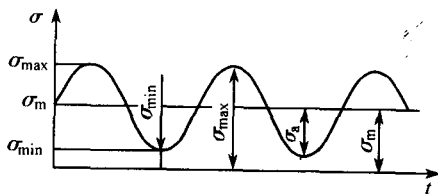


图 1-4 变应力主要参数的含义

$$\sigma_{rN} \begin{cases} \sigma_{+1N} & \text{静应力作用下, 材料的有限寿命的疲劳极限;} \\ \sigma_{0N} & \text{脉动循环变应力作用下, 材料的有限寿命的疲劳极限;} \\ \sigma_{-1N} & \text{对称循环变应力作用下, 材料的有限寿命的疲劳极限。} \end{cases}$$

3. 机械零件的主要失效形式

机械零件在设计要求的寿命内失去正常工作的能力称为失效。常见的失效形式有以下几种:

(1) 断裂 零件发生断裂, 属于强度不合格, 其还可以分为:

① 静应力作用下的过载断裂 这是由于零件的体积应力过大, 超过材料的极限应力而造成的破坏。

② 变应力作用下的疲劳断裂 这是由于零件受到反复的应力作用或者循环变应力作用下产生疲劳而造成的破坏。

(2) 变形过大 零件产生过大的弹性变形, 超过许用值, 致使不能正常的工作, 属于刚度不合格。

(3) 振动过大 零件振动过大, 致使振幅超过许用值, 尤其是发生共振时, 产生零件的失效。

(4) 表面失效 表面失效又分为如下两类:

① 表面接触应力过大引起的失效, 有如下几种:

④ 胶合失效 也称之为黏着磨损, 指重载下, 润滑膜破裂, 使金属表面直接接触, 在相对运动的过程中, 摩擦产生过高的温度, 使金属表面的微凸体熔化后又黏焊到另一个金属表面, 继而又因相对滑动被撕落下来, 使金属表面产生条状的粗糙沟痕, 即为胶合。

在高速重载条件下工作的零件, 由于其滑动速度较大, 导致零件表面温度过高, 使润滑油膜破裂而产生的胶合称为热胶合; 而在低速重载条件下工作的零件, 零件表面温度不高, 但由于接触应力过大, 润滑油膜不易形成, 使接触处产生局部高温而发生的胶合称为冷胶合。

⑤ 点蚀失效 也称之为疲劳磨损, 在变化的表面接触应力作用下, 接触点或接触线周围产生累计的麻点形状的损伤现象称为点蚀。收敛型的点蚀可以继续工作, 而扩散型的点蚀严重影响零件的正常工作, 即点蚀失效。

⑥ 磨损失效 也称之为磨粒磨损, 在开放环境下工作的相对滑动表面, 由于硬质磨粒的作用, 使金属表面产生严重的磨损, 或由于过高的表面粗糙度经摩擦后使金属表面严重磨损。

⑦ 塑性变形 即零件产生永久变形, 低速重载下, 在过大的表面间作用力的作用下, 使接触表面的表层材料沿摩擦力的方向上产生无法恢复的塑性变形。

⑧ 腐蚀失效: 多发生在与化学物质接触的场合或者是在有腐蚀性气体或液体的氛围中。

4. 机械零件的主要设计准则

(1) 强度准则 强度准则就是指零件中的应力不得超过允许的限度。是保证机械零件工作能力最基本的准则。

① 机械零件在简单应力状态下的强度条件为:

$$\text{拉伸、压缩} \quad \sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma]$$

$$\text{弯曲} \quad \sigma_F = \frac{M}{W} \leq [\sigma]_F$$

扭转

$$\tau = \frac{T}{W_p} \leq [\tau]$$

式中 F ——正拉(压)力;

A ——横截面积;

M ——弯矩;

W ——抗弯截面模量;

W_p ——抗扭截面模量。

② 机械零件在复杂应力状态下的强度条件为:

$$\text{按第三强度理论: } \sigma_3 = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\text{按第四强度理论: } \sigma_4 = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

强度条件公式中的许用应力:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S_\sigma}$$

$$[\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{S_\tau}$$

式中 $\sigma_{\lim}$ ——极限应力, σ_b 或 σ_s ;

$\tau_{\lim}$ ——极限应力, τ_b 或 τ_s ;

S_σ ——正应力下的安全系数;

S_τ ——剪应力下的安全系数。

③ 提高零件强度的几个措施:

① 增大截面尺寸或相关尺寸,合理设计零件形状,以降低应力;

② 选择强度较高的材料以及适当的进行热处理,以提高材料的许用应力;

③ 尽量减小零件的载荷,合理安排载荷的分布,以降低应力;

④ 减小零件的应力集中程度。

(2) 刚度准则 零件的刚度是指机械零件在载荷的作用下抵抗弹性变形的能力。刚度准则就是指零件在载荷作用下产生的弹性变形量不得超过允许的极限值。

刚度条件的公式为:

$$\text{挠度 } y \leq [y]$$

$$\text{偏转角 } \theta \leq [\theta]$$

$$\text{扭转角 } \phi \leq [\phi]$$

弹性变形量的含义见图 1-5,其计算公式及许用值可参考有关机械设计手册。

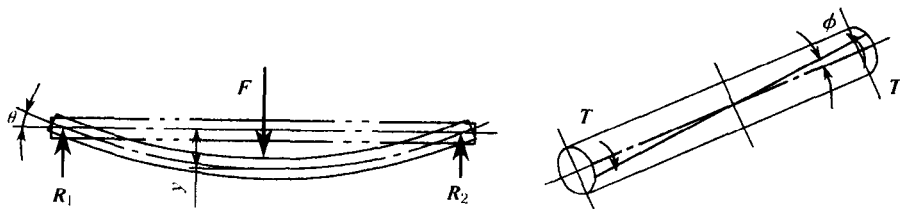


图 1-5 零件的弹性变形

提高零件刚度的几个措施:

各种常用钢材的弹性模量 E (或剪切弹性模量 G) 的数值相差不大, 所以选择强度高的合金钢对提高刚度意义不大, 反而增加了材料的成本。要提高零件的刚度, 主要是通过改变零件的截面形状、增大截面尺寸, 减少长度尺寸或设置加强筋等来实现。

(3) 耐磨性准则 指零件表面间互相接触而产生的摩擦学问题。主要指摩擦面间的压力、相对滑动速度、摩擦系数、表面特性和材质等因素, 通常是限定材料接触表面的正压力 p 和正压力与线速度的乘积 pv 值。

提高表面耐磨性可以采取选择减摩、耐磨性好的搭配材料, 正确选择润滑方式和润滑剂种类, 采取适当的表面处理工艺, 如电镀、离子渗透等以提高表面硬度。

(4) 振动稳定性准则 设计中要避免共振, 使外部载荷的工作频率 f_p 远离零件的固有频率 f 。通常应保证:

$$f_p < 0.85f \quad \text{或} \quad f_p > 1.15f$$

(5) 可靠性准则 按照零件的可靠性来设计, 使失效率保证在允许的范围之内。或者保证在规定使用寿命之内的正常工作概率。

通常用可靠度 R 作为可靠性指标: $R = N_s / N_T$

$$\text{失效率:} \quad Q = 1 - R = \frac{N_f}{N_T}$$

式中, N_T ——零件总数, $N_T = N_s + N_f$;

N_f ——零件失效数;

N_s ——正常零件数。

如果机械系统由 K 个零件串联组成, 每个零件的可靠度分别为 $R_1, R_2, \dots, R_K$, 则机械系统总的可靠度 R 为

$$R = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_K$$

如果机械系统由 K 个零件并联组成, 每个零件的可靠度分别为 $R_1, R_2, \dots, R_K$, 则机械系统总的可靠度 R 为

$$R = 1 - (1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_K)$$

三、典型例题分析

例题 1-1 已知: 应力幅 $\sigma_a = 200 \text{ MPa}$, 平均应力 $\sigma_m = 0 \text{ MPa}$, 求出最大应力 $\sigma_{\max}$ 、最小应力 $\sigma_{\min}$ 和应力特性系数 r , 并画出应力随着时间的变化曲线, 说明这是什么类型的应力?

解: 本题主要是对应力各种参数的含义要求十分了解。

由 应力幅 $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2 = 200 \text{ MPa}$

平均应力 $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2 = 0 \text{ MPa}$

求得 最大应力 $\sigma_{\max} = 200 \text{ MPa}$

最小应力 $\sigma_{\min} = -200 \text{ MPa}$

应力特性系数 $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -1$

由求出的应力特性系数 $r = -1$ 可以知道, 这是对称循环变应力, 见图 1-6。

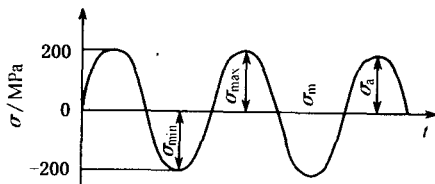


图 1-6 应力随着时间的变化曲线

例题 1-2 某转动心轴,其危险剖面上的最大应力 $\sigma_{\max} = 80 \text{ MPa}$, 应力幅 $\sigma_a = 50 \text{ MPa}$, 试求出最小应力 $\sigma_{\min}$ 、平均应力 σ_m 和应力特性系数 r , 并说明这是什么类型的应力?

解: 由应力幅 $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 = 50 \text{ MPa}$

得出最小应力 $\sigma_{\min} = \sigma_{\max} - 2\sigma_a = 80 - 2 \times 50 = -20 \text{ MPa}$

平均应力 $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 = 30 \text{ MPa}$

应力特性系数 $r = \sigma_{\min}/\sigma_{\max} = -20/80 = -0.25$

该应力为一般非对称循环变应力。

例题 1-3 简答题。

问: 机械零件的胶合是什么? 何为冷胶合和热胶合?

答: 机械零件在重载下, 润滑膜破裂, 使金属表面直接接触, 在相对运动的过程中, 摩擦产生过高的温度, 使金属表面的微凸体熔化后又黏焊到另一个金属表面, 继而又因相对滑动被撕落下来, 使金属表面产生条状的粗糙沟痕, 即为胶合。

在低速重载条件下工作的零件, 表面温度不高, 但由于接触应力过大, 润滑油膜不易形成, 使接触处产生局部高温而发生的胶合称为冷胶合; 而在高速重载条件下工作的零件, 由于其滑动速度较大, 导致零件表面温度过高, 使润滑油膜破裂而产生的胶合称为热胶合。

四、习题与解答

1. 是非题

- (1) 大小和方向随时间的变化而呈周期性变化的载荷称为随机变载荷。
- (2) 由原动机标牌功率而计算出来的载荷称为计算载荷也叫名义载荷。
- (3) 计算载荷通常是额定载荷乘以不同的影响系数。
- (4) 变应力都是由变载荷产生的。
- (5) 用 40 钢 ($\sigma_s = 335 \text{ MPa}$), 经校核其扭转刚度不够, 可改选高强度合金结构钢 40 Cr ($\sigma_s = 785 \text{ MPa}$), 以提高刚度。
- (6) 在变应力作用下, 零件的主要失效形式将是疲劳断裂, 而在静应力作用下, 其失效形式将是塑性变形或断裂。
- (7) 机械设计计算的最基本的设计准则是刚度准则。
- (8) 火车的车轮轴只承受对称循环弯曲变应力。
- (9) 一般小型机械, 都是先小批量生产, 再做定型鉴定。
- (10) 钢的强度极限越高, 对应力集中就越敏感。
- (11) 周期不变的变应力为稳定循环变应力。
- (12) 非稳定变应力是指平均应力或应力幅或变化周期随时间而变化的变应力。
- (13) 静载荷作用下的零件, 不仅可以产生静应力, 也可能产生变应力。
- (14) 增大零件过渡曲线的圆角半径可以减小应力集中。
- (15) 增大零件的截面尺寸只能提高零件的强度不能提高零件的刚度。

2. 选择题

(1) 机械零件由于某些原因不能_____时称为失效。

A. 工作

B. 连续工作

C. 正常工作

D. 负载工作

(2) 对于受循环变应力作用的零件,影响疲劳破坏的主要应力成分是_____。

- A. 最大应力 $\sigma_{\max}$ B. 平均应力 σ_m C. 应力幅 σ_a D. 最小应力 $\sigma_{\min}$

(3) 设 R 为可靠度, Q 为不可靠度,则_____成立。

- A. $(R^2 + Q^2)^{1/2} = 1$ B. $RXQ = 1$ C. $R + Q = 1$ D. $1/R + 1/Q = 1$

(4) 有一部件由三个不同零件串联组成,若它们的可靠度依次为 R_1 、 R_2 、 R_3 ,则总可靠度 R 为_____。

- A. $R = R_1 + R_2 + R_3$ B. $R = R_1 \times R_2 \times R_3$

- C. $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ D. $R = (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2)^{1/2}$

(5) 下列设备中_____不属于机器。

- A. 汽车 B. 机械手表 C. 内燃机 D. 车床

(6) 机械设计课程研究的对象是_____。

- A. 专用零件 B. 标准零件
C. 常规工作条件下的通用零件 D. 特殊工作条件下的零件

(7) 四个结构和材料完全相同的零件甲、乙、丙、丁,若承受最大的应力也相同,而应力特性系数 r 分别等于 $+1.0$ 、 0 、 -0.5 、 -1.0 ,最可能先发生失效的是_____。

- A. 甲 B. 乙 C. 丙 D. 丁

(8) 机械产品的经济评价通常只计算_____。

- A. 设计费用 B. 制造费用 C. 调试费用 D. 实验费用

(9) 从经济性和生产周期性考虑,单件生产的箱体最好采用_____。

- A. 铸铁件 B. 铸钢件 C. 焊接件 D. 塑料件

(10) 某截面形状一定的零件,当其尺寸增大时,疲劳极限值将随之_____。

- A. 增高 B. 降低 C. 不变 D. 规律不定

(11) 一对啮合的传动齿轮,单向回转,则齿面接触应力按_____变化。

- A. 对称循环 B. 循环特性 $r = 0.5$
C. 脉动循环 D. 循环特性 $r = -0.5$

(12) 塑性材料制成的零件,进行静强度计算时,其极限应力为_____。

- A. σ_s B. σ_b C. σ_0 D. σ_{-1}

3. 填空题

(1) 机械设计学习的主要目的是掌握_____机械零部件和简单机械的设计能力。

(2) 在交变应力中,应力循环特性系数是指_____的比值。

(3) 静载荷是指大小和方向不随时间变化或者变化非常_____的载荷。

(4) 计算载荷是指考虑实际工作条件(如冲击、振动等)下,产生附加载荷后的_____载荷,通常是额定载荷乘以不同因素的影响_____。

(5) 机械零件的断裂是由于材料的_____不足造成的,机械零件的变形过大是由于材料的_____不足造成的。

(6) 当转子的转动频率接近其固有频率时,便发生_____。

(7) 材料的塑性变形通常发生在低速_____的情况下。

(8) 为了提高零件的抗拉压强度,增加零件的_____,最为有效。

- (9) 在静载荷作用下的机械零件,不仅可以产生_____应力,也可能产生_____应力。
- (10) 机械零件的主要失效形式有_____、_____、_____及_____。
- (11) 机械产品设计中的“三化”是指_____、_____及_____。
- (12) 机械产品开发性设计的核心是_____。
- (13) 材料的许用应力越大,表明材料的强度就越_____。
- (14) 机械零件的可靠度,是指零件在规定的使用条件下,在规定的时间内能正常工作的_____。
- (15) 机械零件设计的耐磨性准则,主要是限制接触表面间的_____和_____值。

4. 简答题

- (1) 什么是机械?
- (2) 简述机械零件的主要失效形式。
- (3) 机械设计课程主要解决什么零件的设计问题?
- (4) 何为通用零件? 何为专用零件? 举例说明。
- (5) 按应用计算场合分,载荷可分为哪三种?
- (6) 以汽车为例,简述机器主要由哪五大部分所组成。

5. 计算题

(1) 已知:平均应力 $\sigma_m = 250 \text{ MPa}$, 应力特性系数 $r = 0.25$, 求出最大应力 $\sigma_{\max}$ 、最小应力 $\sigma_{\min}$ 和应力幅 σ_a , 并画出应力随着时间的变化曲线, 说明这是什么类型的应力?

(2) 一旋转轴直径 $d = 80 \text{ mm}$, 受径向力 $F = 2 \text{ kN}$, 跨距 $L = 2 \text{ m}$ 。 F 力作用在二支点中间, 见图 1-7。试计算 a 点的最大弯曲应力 $\sigma_{\max}$ 、最小弯曲应力 $\sigma_{\min}$ 、应力幅 σ_a 、平均应力 σ_m 和应力特性系数 r , 并画出其变应力图。

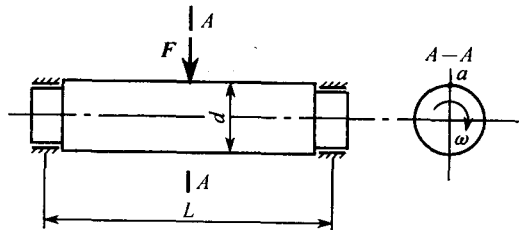


图 1-7

(3) 一批滚动轴承, 抽查 40 个, 当循环次数为 10^6 次时, 发现 7 个已发生点蚀失效, 试问当循环次数为 10^6 次时的可靠度 R 为多少? 失效率 Q 为多少?

参 考 答 案

1. 是非题

- (1) F (2) F (3) T (4) F (5) F (6) T (7) F (8) T (9) F (10) T (11) T (12) T (13) T (14) T (15) F

2. 选择题

- (1) C (2) C (3) C (4) B (5) B (6) C (7) D (8) B (9) C (10) B (11) C (12) A

3. 填空题

- (1) 通用 (2) $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ (3) 缓慢 (4) 有效作用 系数 (5) 强度 刚度
 (6) 共振 (7) 重载 (8) 横截面积 (9) 静 变 (10) 断裂 变形过大 振动过大
 表面失效 (11) 标准化 系列化 通用化 (12) 功能设计及结构 (13) 高
 (14) 概率 (15) p pv

4. 简答题

(1) 一个机器,不论结构多么复杂,都是由两个或两个以上互相联系、互相配合、运动确定的机构或构件所组成。可以实现能量的转化(如将电能、热能、光能、化学能等等转化为机械能),使其运转,实现人们预期的工作。而机构,则是由两个或两个以上互相联系、互相配合、运动确定的构件所组成,它无能量的转化,只是实现机械能的传递。构件则是由多个零件所组成。机械则是机器和机构的总称。

(2) 机械零件的主要失效形式有:断裂、变形过大、振动过大和表面失效,表面失效又分为胶合失效、点蚀失效、磨损失效和塑性变形。在与化学物质接触的场所或者是在有腐蚀性气体或液体的氛围中经常发生的腐蚀失效也是机械零件的主要失效形式之一。

(3) 机械设计课程,主要是培养学生运用工程技术基础理论和知识,解决常规工作条件下。一般参数的通用机械零件的设计问题。

(4) 通用零件是指在各种机器中经常都能用到的零件,如螺钉、齿轮、链轮、轴承等;专用零件是指在特定机器中才用到的零件,如涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨、往复式活塞内燃机的曲轴等。

(5) 按应用计算场合分,载荷可分为额定载荷(也叫名义载荷)、工作载荷和计算载荷。

(6) 机器主要由五部分组成:

- ① 原动机 主要提供动力,如汽车的发动机;
- ② 传动部分 提供变速、改变运动方向或运动形式等,如汽车的变速箱、传动轴、离合器等;
- ③ 工作部分 直接完成设计者的构想,代替或减轻人类的工作,如汽车的车轮,转向器等;
- ④ 控制部分 使机器各部分运动协调。可以是手控、电控、遥控等。如汽车的各个按钮,手柄等;
- ⑤ 辅助系统 照明(前后灯,车内灯),信号(转向灯、后尾灯),显示(里程表、油量表、速度表、电瓶电量表)等。

5. 计算题

- (1) 解: 由 $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 = 250 \text{ MPa}$ 和 $r = \sigma_{\min}/\sigma_{\max} = 0.25$
 求得 最大应力 $\sigma_{\max} = 400 \text{ MPa}$
 最小应力 $\sigma_{\min} = 100 \text{ MPa}$
 应力幅 $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 = 150 \text{ MPa}$
 由图 1-8 可以看出。此应力为一般循环变应力。

- (2) 解: 梁中点 a 受到最大弯矩 $M_{A-A} = \frac{F}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{2000}{2} \times \frac{2000}{2} = 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$

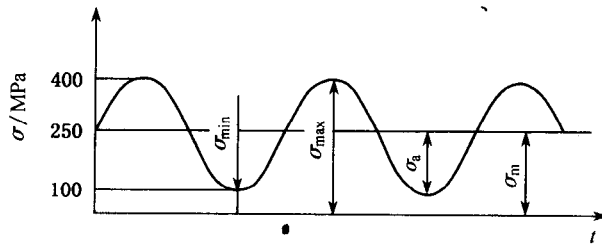


图 1-8 应力随时间的变化曲线

$$\text{最大应力 } \sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{10^6}{\frac{\pi}{32} d^3} = \frac{10^6}{0.098 \times 80^3} = 19.89 \text{ MPa}$$

$$\text{最小应力 } \sigma_{\min} = -\sigma_{\max} = -19.89 \text{ MPa}$$

$$\text{所以 平均应力 } \sigma_m = 0$$

$$\text{应力幅 } \sigma_a = 19.89 \text{ MPa}$$

$$\text{应力特性系数 } r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -1$$

此题的变应力图见图 1-9。

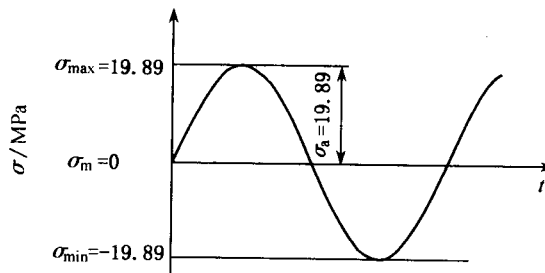


图 1-9 应力变化图

$$(3) \text{ 解: 可靠度 } R = 1 - \frac{N_f}{N_T} = 1 - \frac{7}{40} = 82.5\%$$

$$\text{失效率 } Q = 1 - R = 1 - 0.825 = 17.5\%$$

第二章 摩擦 磨损 润滑

一、基本内容

本章内容包括：

- (1) 材料的表面性质和表面接触；
- (2) 摩擦的基本特性；
- (3) 各类磨损的机理与物理特征；
- (4) 润滑油和润滑脂的主要性质指标；
- (5) 润滑油和润滑脂中添加剂的主要作用；
- (6) 润滑状态及其相互转化。

二、重点要点

本章重点是：

- (1) 各类摩擦的基本特性；
- (2) 各类磨损的基本特性；
- (3) 润滑的分类及其特点；
- (4) 润滑剂的主要性质指标。

1. 各类摩擦的基本特性

摩擦是两个接触表面相互作用引起的滑动阻力和能量损耗现象。根据摩擦面间是否施加润滑剂,可将摩擦分为干摩擦和有润滑的摩擦(包括流体摩擦、边界摩擦和混合摩擦)。流体摩擦、边界摩擦和混合摩擦又被称为流体润滑、边界润滑和混合润滑。

(1) 干摩擦 两摩擦表面间无外加润滑剂或保护膜而直接接触时的摩擦,称为干摩擦。干摩擦的特点是摩擦系数大、发热多和磨损比较严重。

(2) 流体摩擦 两摩擦表面被一液体层(液体或气体)隔开,摩擦性质取决于流体内部分子间黏性阻力的摩擦,称为流体摩擦。流体摩擦的特点是阻力和摩擦系数都很小,几乎无黏着磨损产生,是一种理想的摩擦状态。

(3) 边界摩擦 两摩擦表面被吸附在表面的边界膜隔开,摩擦性质不取决于流体黏度,而与边界膜和表面的吸附性质有关,这种摩擦称为边界摩擦。边界摩擦的特点是其摩擦规律基本与干摩擦相同,但摩擦系数要小一些。由于它不能完全避免摩擦表面的直接接触,所以仍伴有磨损产生。边界摩擦时可能形成的边界膜有物理吸附膜、化学吸附膜和化学反应膜三种。

(4) 混合摩擦 在工程实际中,有许多的摩擦副表面都处于干摩擦、边界摩擦和流体摩擦的混合状态,这种摩擦称为混合摩擦。

2. 各类磨损的基本特性

磨损是表面物质在摩擦过程中不断损失的现象,是伴随摩擦而产生的必然结果。磨损会消耗材料,降低运转精度,影响寿命和可靠性。但磨损并非都是有害的,如机械的跑合、利用磨