



国家级精品课程主干教材
辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材



机械设计习题与解析 (第二版)

修世超 孟祥志 宋万里 主编

 科学出版社

国家级精品课程主干教材
辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材

机械设计习题与解析

(第二版)

修世超 孟祥志 宋万里 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书由东北大学国家工科机械基础课程教学基地和科学出版社共同组织编写,入选辽宁省首批“十二五”普通高等教育本科省级规划教材,并获第二届冶金优秀教材三等奖。本书以满足机械设计教学的基本要求为主,内容共分四篇:习题与解析、机械设计与实践、机械设计综合试卷、习题及综合试卷参考答案与解析。其中习题与解析部分各章由课程教学要求、例题与解析、思考题、习题等组成。书中大部分习题与全部综合试卷均给出了参考答案和解析提示。

本书可作为普通高等院校机械类专业“机械设计”课程的配套学习辅导书,可也供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计习题与解析/修世超,孟祥志,宋万里主编.—2版.—北京:科学出版社,2015.3

(国家级精品课程主干教材·辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材)

ISBN 978-7-03-043569-9

I. ①机… II. ①修… ②孟… ③宋… III. ①机械设计-高等学校-解题 IV. ①TH122-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 044876 号

责任编辑:毛莹 张丽花 / 责任校对:桂伟利

责任印制:霍兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京华正印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2015年3月第二版 印张:15

2015年3月第五次印刷 字数:374 000

定价:40.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书由东北大学国家工科机械基础课程教学基地和科学出版社共同组织编写，入选辽宁省首批“十二五”普通高等教育本科省级规划教材，并获第二届冶金优秀教材三等奖。全书内容分为四篇：习题与解析、机械设计与实践、机械设计综合试卷、习题及综合试卷参考答案与解析，其中习题与解析部分由课程教学要求、例题与解析、思考题、习题等组成。

为使读者更好地掌握机械设计课程的知识体系，根据高等学校机械类本科“机械设计课程教学基本要求”，本书给出了每一章的教学基本要求和重点教学内容；为提高读者分析和解决机械设计问题的能力，本书还编录了一些工程技术实践类题目和少量难度较大的研究性题目。多种题型的设计旨在以不同的方式和角度提高读者解决机械设计问题的能力。为帮助读者更好地理解、掌握教材内容，扩展解题思路，掌握正确的解题方法，本书编录较大篇幅的例题与解析内容。书中大部分习题与全部综合试卷均给出了参考答案和解析提示，方便教师教学与学生自学。

书中各章所涉及的名词、代号、公式全部采用了新的国家标准，计算中所需部分图表数据可参阅配套主教材《机械设计（第二版）》（孙志礼等，科学出版社）。

本书由修世超、孟祥志、宋万里担任主编，修世超负责全书统稿。

编者殷切希望广大读者对本书不妥之处提出宝贵意见。

编 者

2014年12月

目 录

前言

第一篇 习题与解析

第 1 章 机械设计基础知识	3
第 2 章 螺纹连接	17
第 3 章 轴毂连接	30
第 4 章 挠性件传动	35
第 5 章 齿轮传动	49
第 6 章 蜗杆传动	73
第 7 章 其他传动	83
第 8 章 轴	84
第 9 章 滚动轴承	101
第 10 章 滑动轴承	114
第 11 章 联轴器、离合器和制动器	127
第 12 章 弹簧	134
第 13 章 机械系统设计	141
第 14 章 现代机械设计方法简介	143

第二篇 机械设计与实践

第 15 章 设计实践 (一) 螺旋传动设计	147
第 16 章 设计实践 (二) 轴系部件设计	158

第三篇 机械设计综合试卷

综合试卷 (一)	173
综合试卷 (二)	176
综合试卷 (三)	178
综合试卷 (四)	182
综合试卷 (五)	185
综合试卷 (六)	187

第四篇 习题及综合试卷参考答案与解析

习题参考答案与解析	193
综合试卷参考答案与解析	218
参考文献	234

第一篇 习题与解析

第 1 章 机械设计基础知识

1. 教学基本要求

- (1)掌握机械及其零部件设计的总体概念,根据零部件的主要失效形式,拟定设计准则,用一定的设计方法来设计零部件。
- (2)理解机械零件的载荷与应力、极限应力、许用应力和安全系数的基本概念。
- (3)重点掌握各种变应力下机械零件疲劳强度计算的理论与方法。
- (4)掌握机械零件材料的选用原则和结构工艺性设计的基本要求,培养和树立标准化思想。

2. 本章重点

- (1)机械零件的失效形式及计算准则。
- (2)变应力下机械零件的疲劳强度。
- (3)机械零件的工艺性、材料及选用准则。

例题与解析

例 1-1 某转动心轴,其危险剖面上的平均应力为 $\sigma_m = 20\text{MPa}$,应力幅 $\sigma_a = 30\text{MPa}$,试求最大应力 σ_{\max} 、最小应力 σ_{\min} 和循环特性 r 。

解 最大应力为

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a = 20 + 30 = 50(\text{MPa})$$

最小应力为

$$\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a = 20 - 30 = -10(\text{MPa})$$

循环特性为

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{-10}{50} = -0.2$$

该变应力为非对称循环变应力。

例 1-2 某静止构件受弯曲应力 $\sigma_b = 150\text{MPa}$,扭转剪应力 $\tau_T = 50\text{MPa}$;材料为 35 钢($\sigma_B = 540\text{MPa}$, $\sigma_s = 320\text{MPa}$)。试分别用第一、三、四强度理论求计算应力 σ_{ca} ,并校核静强度是否安全。用哪个强度理论较为合理?

解 (1)求材料的许用拉应力。

由于 $\sigma_s/\sigma_B = 320/540 = 0.593$,按表用插值法得

$$[S] = 1.4 + \frac{0.593 - 0.55}{0.7 - 0.55} \times (1.8 - 1.4) = 1.51$$

许用拉应力

$$\sigma = \frac{\sigma_s}{[S]} = \frac{320}{1.51} = 212(\text{MPa})$$

(2)按第一、三、四强度理论求计算应力 σ_{ca} 。

按第一强度理论得

$$\sigma_{ca} = \frac{\sigma_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau_r^2} = \frac{150}{2} + \sqrt{\left(\frac{150}{2}\right)^2 + 50^2} = 165.12(\text{MPa})$$

按第三强度理论得

$$\sigma_{ca} = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_r^2} = \sqrt{150^2 + 4 \times 50^2} = 180.28(\text{MPa})$$

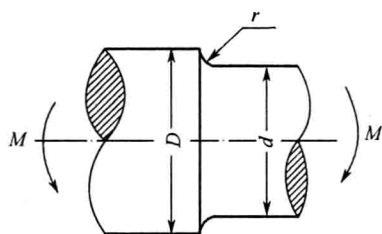
按第四强度理论得

$$\sigma_{ca} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_r^2} = \sqrt{150^2 + 3 \times 50^2} = 173.20(\text{MPa})$$

(3)结论。

由于许用拉应力 $[\sigma]=212\text{MPa}$ 均大于按第一、三、四强度理论所求得¹¹的计算应力 σ_{ca} ,所以该构件强度足够,较为安全。但由于35钢塑性较好,故用第三、四强度理论较合理。

例 1-3 如图所示,某轴受弯矩 M 作用。已知:材料为优质碳素结构钢,其抗拉强度极限 $\sigma_B=600\text{MPa}$; $D=60\text{mm}$; $d=55\text{mm}$; $r=1.5\text{mm}$;表面精车削加工(表面粗糙度 $Ra=1.6\mu\text{m}$);调质处理。求过渡圆角处的有效应力集中系数 k_σ 、绝对尺寸系数 ϵ_σ 和表面状态系数 β 。



例 1-3 图

解 (1)有效应力集中系数 k_σ 。

$$\frac{D-d}{r} = \frac{60-55}{1.5} = 3.33$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1.5}{55} = 0.0273$$

为求 $(D-d)/r=3.33$ 及 $r/d=0.0273$ 参数下的 k_σ 值,必须先从中查出 $(D-d)/r=2$ 以及 $r/d=0.02$ 和 0.03 下的 k_σ 值,然后通过插值计算才可求得所要求的 k_σ 值。计算步骤

如下:

首先查教材中表,在 $(D-d)/r=2$ 和 $\sigma_B=600\text{MPa}$ 条件下, $r/d=0.02$ 时, $k_\sigma=1.47$, $r/d=0.03$ 时, $k_\sigma=1.67$;通过内插法可求得 $(D-d)/r=2$, $r/d=0.0273$ 时的应力集中系数为

$$k_\sigma = 1.47 + \frac{0.0273-0.02}{0.03-0.02} \times (1.67-1.47) = 1.616$$

再查教材中附表,在 $(D-d)/r=4$ 和 $\sigma_B=600\text{MPa}$ 条件下, $r/d=0.02$ 时, $k_\sigma=1.86$, $r/d=0.03$ 时, $k_\sigma=1.88$;通过内插法可求得 $(D-d)/r=4$, $r/d=0.0273$ 时的应力集中系数为

$$k_\sigma = 1.86 + \frac{0.0273-0.02}{0.03-0.02} \times (1.88-1.86) = 1.875$$

最后通过内插法计算即可求得 $(D-d)/r=3.33$ 和 $r/d=0.0273$ 时的有效应力集中系数为

$$k_\sigma = 1.616 + \frac{3.33-2}{4-2} \times (1.875-1.616) = 1.79$$

(2)绝对尺寸系数 ϵ_σ 。

查表,当 $d=55\text{mm}$,材料为碳素结构钢时, $\epsilon_\sigma=0.81$ 。

(3)表面状态系数 β 。

查表,当材料的 $\sigma_B=600\text{MPa}$ 及表面精车削加工($Ra=1.6\mu\text{m}$)时, $\beta=0.95$ 。

在疲劳强度计算中,应根据具体情况选取 β 。例如,①零件表面只经过切削加工或不加工时;②零件表面不仅机械加工而且经过强化工艺处理,两种情况应按相应的表格选取 β 。

例 1-4 一优质碳素结构钢零件,其 $\sigma_B=560\text{MPa}$, $\sigma_s=280\text{MPa}$, $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$ 。承受工作

变应力 $\sigma_{\max}=155\text{MPa}$, $\sigma_{\min}=30\text{MPa}$ 。零件的有效应力集中系数 $k_\sigma=1.65$, 绝对尺寸系数 $\epsilon_\sigma=0.81$, 表面状态系数 $\beta=0.95$ (精车)。如取许用安全系数 $[S]=1.5$, 校核此零件的强度是否足够。

解 (1) 计算应力幅和平均应力。

应力幅

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{155 - 30}{2} = 62.5 (\text{MPa})$$

平均应力

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{155 + 30}{2} = 92.5 (\text{MPa})$$

(2) 计算疲劳强度安全系数。

据表查得等效系数 $\psi_\sigma=0.30$ (拉压应力, 车削表面)。

计算安全系数为

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\epsilon_\sigma \beta} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{250}{\frac{1.65}{0.81 \times 0.95} \times 62.5 + 0.30 \times 92.5} = 1.545$$

(3) 计算静强度安全系数。

$$S_\sigma = \frac{\sigma_s}{\sigma_a + \sigma_m} = \frac{280}{62.5 + 92.5} = 1.81$$

由上述计算结果可知, 该零件的疲劳强度和静强度安全系数均大于许用安全系数 $[S]=1.5$, 故零件强度足够。

例 1-5 一转轴受规律性非稳定、非对称循环变应力作用, 其各级变应力的 σ_a 和 σ_m 见下表的第二、第三列。各级变应力的循环次数见第四列。材料为 45 钢调质, $\sigma_B=600\text{MPa}$, $\sigma_{-1}=250\text{MPa}$, $N_0=10^7$ 。 $k_\sigma=1.76$, $\epsilon_\sigma=0.78$, 表面状态系数 $\beta=0.95$, $\psi_\sigma=0.34$ 。许用安全系数 $[S]=1.5$ 。校核该轴的疲劳强度。

例 1-5 表

单位: MPa

应力级序号	应力幅 σ_a	平均应力 σ_m	循环次数 n_i	等效应力 σ_i
1	120	20	3×10^3	122.9
2	110	20	7×10^4	112.8
3	90	20	4×10^6	92.9

解 (1) 计算各级变应力的等效应力 σ_i 。

根据公式

$$\sigma_i = \frac{1}{K_\sigma} \left(\frac{k_\sigma}{\epsilon_\sigma \beta} \sigma_{ni} + \psi_\sigma \sigma_{mi} \right) = \frac{0.78 \times 0.95}{1.76} \times \left(\frac{1.76}{0.78 \times 0.95} \times \sigma_{ni} + 0.34 \times \sigma_{mi} \right)$$

σ_i 的计算结果见例 1-5 表的第五列。

(2) 求零件的疲劳曲线指数 m' 。

由经验公式知, $N=10^3$ 时

$$\sigma_{-1(10^3)} = 0.9\sigma_B = 0.9 \times 600 = 540(\text{MPa})$$

$$\sigma_{-1c} = \frac{\epsilon_\sigma \beta}{k_\sigma} \sigma_{-1} = \frac{0.78 \times 0.95}{1.76} \times 250 = 105.26(\text{MPa})$$

由图查得 $q_0 = 0.42$, 由修正公式得 $N = 10^3$ 时有效应力集中系数为

$$k_0 = (k_\sigma - 1)q_0 + 1 = (1.76 - 1) \times 0.42 + 1 = 1.319$$

因此, 当 $N = 10^3$ 时, 零件的条件疲劳极限为

$$\sigma_{-1(10^3)c} = \sigma_{-1(10^3)} / k_0 = 540 / 1.319 = 409.4(\text{MPa})$$

根据公式得

$$m' = \frac{\lg N_0 - \lg 10^3}{\lg \sigma_{-1(10^3)c} - \lg \sigma_{-1c}} = \frac{7 - 3}{\lg 409.4 - \lg 105.26} = 6.78$$

(3) 求当量应力循环次数 N_v 。

因第三级等效应力 σ_3 小于零件的疲劳极限 σ_{-1c} , 故对零件不会造成疲劳损伤, 在求 N_v 时不必计入。

根据式

$$\begin{aligned} N_v &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_1} \right)^{m'} n_i = \left(\frac{122.9}{122.9} \right)^{6.78} \times 3 \times 10^3 + \left(\frac{112.8}{122.9} \right)^{6.78} \times 7 \times 10^4 \\ &= 4.21 \times 10^4 \end{aligned}$$

(4) 求寿命系数 K'_N 。

$$K'_N = \sqrt[m']{\frac{N_0}{N_v}} = \sqrt[6.78]{\frac{10^7}{4.21 \times 10^4}} = 2.24$$

(5) 校核疲劳强度。

$$S = \frac{K'_N \sigma_{-1c}}{\sigma_1} = \frac{2.24 \times 105.26}{122.9} = 1.92 > [S] = 1.5, \text{ 故安全。}$$

例 1-6 估算一起重机吊钩上端螺纹部分的疲劳寿命。已知: 吊钩上端螺纹为标准的 M64 粗牙螺纹; 吊钩材料为 20 钢, 其 $\sigma_B = 410\text{MPa}$, $\sigma_s = 245\text{MPa}$; 螺纹部分所承载荷情况如表所示, 该表是用统计方法得出的。

各工况下螺纹部分所受的名义应力列于表中的第三列; 每天每一名义应力作用的循环次数列于表的第一列; 由表可知, 吊钩每天工作的总循环数 $N_d = 144$ 次, 故每天各应力水平所占循环数的百分比 n_i / N_d 列于例 1-6 表的第二列。

解 (1) 确定计算应力(当量应力) σ_e 。

① 根据 20 钢的 σ_B 从表查得螺纹的有效应力集中系数 $k_\sigma = 3.0$, 由图(表)查得 M64 螺杆的尺寸系数 $\epsilon_\sigma = 0.85$, 由图查得粗车的表面状态系数 $\beta = 0.88$, 由此得

$$\frac{k_\sigma}{\epsilon_\sigma \beta} = \frac{3.0}{0.85 \times 0.88} = 4.0$$

② 螺杆的应力状态是规律性非稳定脉动循环变应力, 为简化计算起见, 将其视为对称循环变应力。这样就可以将名义应力 σ 直接乘上系数 $k_\sigma / (\epsilon_\sigma \beta)$ 得计算(当量)应力 σ_e , 并列于例 1-6

表的第四列。

(2) 估算材料的疲劳极限和确定材料的 $\sigma-N$ 曲线。

① 估算材料的疲劳极限。

由于没有进行 20 钢的疲劳试验, 因此只能用近似法获得材料的疲劳极限和 $\sigma-N$ 曲线。根据经验公式得

$$\sigma_{-1r} = 0.23(\sigma_s + \sigma_B) = 0.23 \times (245 + 410) = 150.7 \text{ (MPa)}$$

将例 1-6 表中第四列数据与疲劳极限 σ_{-1r} 相比较可见, 其中大部分计算应力的数值均大于 $\sigma_{-1r} = 150.7 \text{ MPa}$ 。因此, 这种应力变化情况属于有限寿命计算。

② 确定材料的 $\sigma-N$ 曲线。

在缺少材料的 $\sigma-N$ 曲线的条件下, 可用如下办法绘制近似的 $\sigma-N$ 曲线: 在双对数坐标纸上作两点, 一点的横坐标是 $N = 10^3$, 纵坐标是 $\sigma = 0.9 \sigma_B = 0.9 \times 410 = 369 \text{ MPa}$; 另一点的横坐标是 $N = 10^7$, 纵坐标是 $\sigma_{-1} \approx 0.45 \sigma_B = 0.45 \times 410 = 184.5 \text{ MPa}$, 连接这两点得一斜线, 此斜线即为 20 钢的 $\sigma-N$ 曲线, 如例 1-6 图所示。

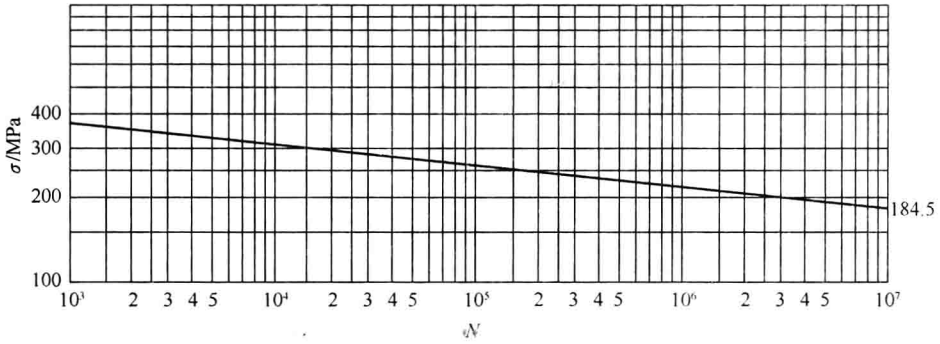
(3) 吊钩螺杆部分的寿命估算。

由例 1-6 图所示的 $\sigma-N$ 曲线, 查出在应力水平 σ_i 下到达破坏的应力循环数 N_i , 其值列于例 1-6 表的第五列。

例 1-6 表

每天工作的 循环数 n_i	循环数占的百分比 $\frac{n_i}{N_d} / (10^{-2})$	名义应力 σ / MPa	当 $k_\sigma / (\epsilon_\sigma \beta) = 0.4$ 时	
			计算应力 $\sigma_i = \frac{k_\sigma}{\epsilon_\sigma \beta} \sigma / \text{MPa}$	到达破坏时 的循环数 N_i
1	0.69	80.4	321.6	4×10^3
3	2.08	78.5	314	6×10^3
5	3.47	73.6	294.4	2.5×10^4
7	4.86	69.7	278.8	4×10^4
9	6.24	63.8	255.2	1×10^5
11	7.64	59.8	239.2	1.7×10^5
13	9.02	55.9	223.6	3.5×10^5
15	10.4	51.0	204	1.4×10^5
17	11.8	46.6	186.4	8×10^6
19	13.2	41.2	164.8	$> 10^7$
21	14.6	34.3	137.2	$> 10^7$
23	16.0	14.2	56.8	$> 10^7$

按表中的经验公式求得的疲劳极限 $\sigma_{-1r} = 150.7 \text{ MPa}$; 而按材料 $\sigma-N$ 曲线近似作图法求得的 $\sigma_{-1r} = 184.5 \text{ MPa}$, 说明两种近似求法之间有差别。本题取后者作为判断 σ_i 是否构成疲劳损伤的依据, 凡小于 $\sigma_{-1r} = 184.5 \text{ MPa}$ 的计算应力均不构成疲劳损伤, 因而在计算总寿命 N 时略去不计。



例 1-6 图

根据 Miner 方程, 设总寿命为 N (天), 则

$$\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_d} \times \frac{N_d}{N_i} = 1$$

因每天工作循环数为 144, 故工作天数为

$$N = 144 \left(\frac{0.0069}{4 \times 10^3} + \frac{0.0208}{6 \times 10^3} + \frac{0.0347}{2.5 \times 10^4} + \frac{0.0486}{4 \times 10^4} + \frac{0.0624}{10^5} + \frac{0.0764}{1.7 \times 10^5} + \frac{0.0902}{3.5 \times 10^5} + \frac{0.104}{1.4 \times 10^6} + \frac{0.118}{8 \times 10^6} \right) \times \frac{1}{144} = 752 \text{ (天)}$$

如果该起重机每年工作 360 天, 则工作年数为

$$\frac{752}{360} = 2.09 \text{ (年)}$$

即该吊钩每工作两年以后, 必须更新, 以确保安全工作。

例 1-7 已知某钢材的力学性能为 $\sigma_s = 1000 \text{ MPa}$, $\sigma_{-1} = 500 \text{ MPa}$, $\sigma_0 = 800 \text{ MPa}$, 试绘制简化疲劳极限线图。由该材料制成的零件承受非对称循环变应力作用, 已知循环特性 $r = 0.3$, 工作应力 $\sigma_{\max} = 800 \text{ MPa}$, 有效应力集中系数 $k_\sigma = 1.49$, 绝对尺寸系数 $\epsilon_s = 0.83$, 表面状态系数 $\beta = 1$, 按简单加载情况在图中标出工作应力点和极限应力点, 并判断过载时哪种破坏的可能性大, 验算其安全系数。

解 (1) 绘制材料和零件的简化疲劳极限线图。

由于 $\sigma_s = 1000 \text{ MPa}$, $\sigma_{-1} = 500 \text{ MPa}$, $\frac{\sigma_0}{2} = 400 \text{ MPa}$, $K_\sigma = \frac{k_\sigma}{\epsilon_s \beta} = \frac{1.49}{0.83 \times 1} = 1.795$, $\sigma_{-1c} = \frac{\sigma_{-1}}{k_\sigma} =$

278.5 MPa , $\frac{\sigma_0}{2k_\sigma} = \frac{400}{1.795} = 222.8 \text{ (MPa)}$ 。

$A(0, \sigma_{-1}) - A(0, 500)$

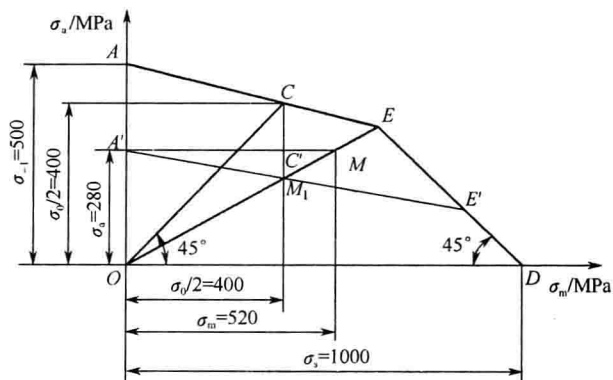
$C\left(\frac{\sigma_0}{2}, \frac{\sigma_0}{2}\right) - C(400, 400)$

$A'(0, \sigma_{-1c}) - A'(0, 278.5)$

$C'\left(\frac{\sigma_0}{2}, \frac{\sigma_0}{2k_\sigma}\right) - C'(400, 222.8)$

$D(\sigma_s, 0) - D(1000, 0)$

作谢林森折线图如例 1-7 图所示。



例 1-7 图

(2) 计算应力幅和平均应力。

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

$$\sigma_{\min} = r\sigma_{\max} = 0.3 \times 800 = 240(\text{MPa})$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 - 240}{2} = 280(\text{MPa})$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{800 + 240}{2} = 520(\text{MPa})$$

(3) 绘制工作应力点及极限应力点。

根据 σ_n 、 σ_m 数值, 在题解图中作出点 M , 则 M 点即为该零件工作应力点。从图中原点过 M 点作射线, 交谢林森折线于 M_1 点, 则 M_1 点即为极限应力点。

(4) 判断失效形式。

从解图可知, 极限应力点 M_1 在 $A'E$ 线上并距离 E' 点较远, 故该零件的失效形式以疲劳失效为主。

(5) 验算安全系数。

疲劳强度安全系数

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\epsilon_s \beta} \sigma_n + \psi_\sigma \sigma_m}$$

式中

$$\psi_\sigma = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0} = \frac{2 \times 500 - 800}{800} = 0.25$$

则

$$S_\sigma = \frac{500}{\frac{1.49}{0.83 \times 1} \times 280 + 0.25 \times 520} = 0.79$$

静强度安全系数

$$S = \frac{\sigma_s}{\sigma_n + \sigma_m} = \frac{1000}{280 + 520} = 1.25$$

思考题

- 1-1 试述本课程的内容、性质和任务,说明本课程在机械专业中所占的重要地位。
- 1-2 作为技术基础课程,机械设计课程和以前学习的基础课相比有什么特点?如何学好这门课程?与其他专业课程的关系怎样?
- 1-3 本课程与哪些先修课程有关?如何复习这些先修课?
- 1-4 研究通用机械零件设计方法的一般步骤是什么?以某一机械零件和机械产品为例来体会这一问题。
- 1-5 一部机器一般由哪几部分组成?机械设计课以研究哪一部分为主?
- 1-6 机械和机器的概念有什么区别?什么叫通用机械零件?什么叫专用机械零件?零件、构件和部件有何区别?
- 1-7 机械设计的一般程序是什么?各阶段大致需完成哪些任务?
- 1-8 设计机器应满足的基本要求是什么?试以某一机器为例来说明。
- 1-9 什么是标准化、系列化和通用化?在机械设计中采用“三化”有哪些重要意义?
- 1-10 试以自行车为例,说明机械设计中是如何考虑标准化、系列化和通用化的?并说明这样做的实际意义。
- 1-11 机械零件设计计算应遵循哪些计算准则?
- 1-12 写出零件的强度条件表达式,并说明各符号代表的物理意义。
- 1-13 零件材料的极限应力 σ_{lim} 如何确定? σ_{lim} 与哪些因素有关?
- 1-14 什么叫机械零件的失效?机械零件主要的失效形式有哪些?在机械设计中机械零件的失效分析起什么作用?
- 1-15 什么是等强度设计?等强度设计有什么好处?试举一例说明。
- 1-16 提高机械零件强度的措施有哪些?
- 1-17 在什么条件下要按刚度准则设计机械零件?提高零件的刚度有哪些措施?某轴的材料由碳钢改为合金钢,其尺寸、形状不变,轴的刚度能否提高?为什么?
- 1-18 钢常用的热处理方法有几种?各种热处理方法达到的目的是什么?
- 1-19 选用机械零件材料时主要考虑什么原则?
- 1-20 铸造零件与锻造零件相比有何优、缺点?设计时如何选择?
- 1-21 在机械零件设计中为什么必须考虑制造工艺性?应考虑的制造工艺问题主要包括哪几个方面?试举出一个考虑制造工艺性要求,提高了机械零件合理性的实例。
- 1-22 举例说明什么叫静载荷、变载荷、静应力和变应力?
- 1-23 变应力有哪几种基本类型?各自有什么特点?
- 1-24 名义载荷和计算载荷关系怎样?载荷系数与哪些因素有关?
- 1-25 什么是零件的工作应力、计算应力、极限应力和许用应力?
- 1-26 怎样区分变应力是稳定的、或是非稳定的?怎样进行在稳定变应力下的零件强度计算?
- 1-27 指出下列材料的名称,并说明其中数字的含义:HT150、Q235、ZG230-450、65Mn、45、40Cr、ZCuSn10Pb5、W18Cr4V2Al。

1-28 试区分金属材料的几种应力极限： σ_B 、 σ_s 、 σ_{-1} 、 σ_0 和 σ_r 。在零件设计中确定许用应力时，应当怎样根据具体工作情况选取这些应力极限？它们之间的关系怎样？

1-29 影响许用安全系数的因素有哪些？许用应力的选取原则是什么？

1-30 在一定的循环特性 r 下工作的金属试件，其应力循环次数与疲劳极限之间有怎样的内在联系？怎样区分试件的无限工作寿命和有限工作寿命？怎样计算在有限寿命下工作的试件有限疲劳极限？

1-31 影响材料的极限应力的因素有哪些？

1-32 σ_a 、 σ_m 、 σ_{\max} 、 σ_{\min} 、 r 五个参数各代表什么？绘图说明 $\sigma_m = 250\text{MPa}$ ， $r = 0.25$ 时应力随时间的变化曲线。

1-33 同一材料的疲劳曲线与疲劳极限线图的意义有何不同？各自的条件是什么？找出两图上的共同点。

1-34 什么叫循环基数 N_0 ？什么叫条件疲劳极限 σ_{rN} 和疲劳极限 σ_r ？两种疲劳极限之间有什么关系？

1-35 线性疲劳损伤累积方程(Miner方程)的意义是什么？

1-36 试说明等效系数 ϕ_s 的几何意义和物理意义。

1-37 影响零件疲劳强度的主要因素有哪些？原因是什么？这些因素对变应力的哪一部分有影响？

1-38 等效系数 ϕ_s 代表什么？材料的强度越高， ϕ_s 是越大还是越小？为什么？

1-39 综合影响系数 K_s 、 K_r 如何定义？其计算公式是什么？

1-40 什么是有效应力集中系数？机械零件设计中，常见的应力集中源有哪些？有三个形状尺寸一样，工作条件也相同，分别用铸铁、低强度钢、高强度钢制造的零件，哪个零件的有效应力集中系数最大？

1-41 如果零件的某一截面内同时存在几个应力集中源，其有效应力集中系数值应当怎样选取？

1-42 简化的疲劳极限线图如何绘制？有何用途？

1-43 根据疲劳损伤累积假说来判断零件受单向规律性不稳定变应力时，应力幅先高后低，或应力幅先低后高，哪种情况对材料发生疲劳破坏更危险些？为什么？

1-44 通常采取哪些措施来提高零件的疲劳强度？

1-45 单向和双向稳定变应力有何区别？如何计算承受这类应力零件的强度？

1-46 什么叫接触应力和接触强度？影响接触应力大小的因素有哪些？

1-47 选择机械零件的材料主要应考虑哪些方面的要求？

1-48 举例说明零件的结构工艺性对机械零件疲劳强度的影响。

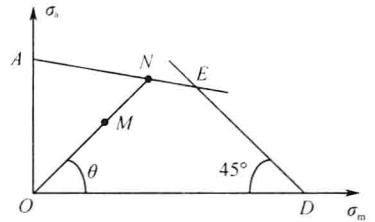
习 题

【选择题】

1-49 零件的截面形状一定，当截面尺寸增大时，其疲劳极限将随之_____。

- A. 增大
- B. 不变
- C. 降低
- D. 无规律变化

1-50 在如图所示的极限应力图中, M 为工作应力点, 应力循环特性 $r = \text{常数}$, ON 线与横坐标轴的夹角为 $\theta = 45^\circ$, 则该零件所受应力类型为_____。



题 1-50 图

- A. 不变号的非对称循环变应力
- B. 变号的非对称循环变应力
- C. 对称循环变应力
- D. 脉动循环变应力

1-51 在两零件的材料和几何形状不相同的情况下, 曲面接触受载时, 两者的接触应力值_____。

- A. 相等
- B. 曲率大的应力大
- C. 不相等
- D. 曲率小的应力大

1-52 在疲劳损伤累积假说中 $\sum n/N = 1$, 表示_____。

- A. 当大于 σ_{-1} 的各级应力对材料的寿命损伤率之和等于 1 时, 材料即发生疲劳破坏
- B. 当大于 σ_0 的各级应力对材料的寿命损伤率之和等于 1 时, 材料即发生疲劳破坏
- C. 材料所受各级剪应力的循环次数与总循环化次数比率之和等于 1 时, 材料即发生疲劳破坏
- D. 材料所受各级压应力的循环次数与总循环化次数比率之和等于 1 时, 材料即发生疲劳破坏

1-53 下列四种叙述中, _____是正确的。

- A. 变应力只能由变载荷产生
- B. 静载荷不能产生变应力
- C. 变应力由静载荷产生
- D. 变应力由变载荷产生, 也可能由静载荷产生

1-54 材料疲劳曲线($\sigma-N$ 曲线)表示_____。

- A. 材料所受的最大应力与寿命之间的关系
- B. 材料所受的平均应力与寿命之间的关系
- C. 材料所受的最小应力与寿命之间的关系
- D. 材料所受的循环应力与寿命之间的关系

1-55 简化的疲劳极限线图(谢林森折线图)是根据_____应力值绘出的。

- A. σ_{-1} 、 σ_0 和 σ_m
- B. σ_{-1} 、 σ_0 和 σ_s
- C. σ_s 、 σ_0 和 σ_b
- D. σ_{-1} 、 σ_m 和 σ_b

1-56 一般转轴中弯曲应力变化的规律是_____。

- A. $r=C$
- B. $\sigma_m=C$
- C. $\sigma_{\min}=C$
- D. $\sigma_{\max}=C$

1-57 变应力的疲劳极限 σ_0 , 下标“0”代表_____ = 0。

- A. σ_a/σ_m
- B. $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$
- C. σ_m/σ_{\max}
- D. σ_{\min}/σ_m

1-58 在下列公式中_____是错误的。

- A. $\sigma_{-1}^m N = C$
- B. $K_N = \sqrt{\frac{N_0}{N}}$
- C. $\psi_\sigma = \frac{\sigma_{-1} - 2\sigma_0}{\sigma_0}$
- D. $\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} = 1$

【计算与分析题】

1-59 图示直径为 20mm、长度为 200mm 的铸铁圆棒, 在既无间隙又不受力的情况下嵌