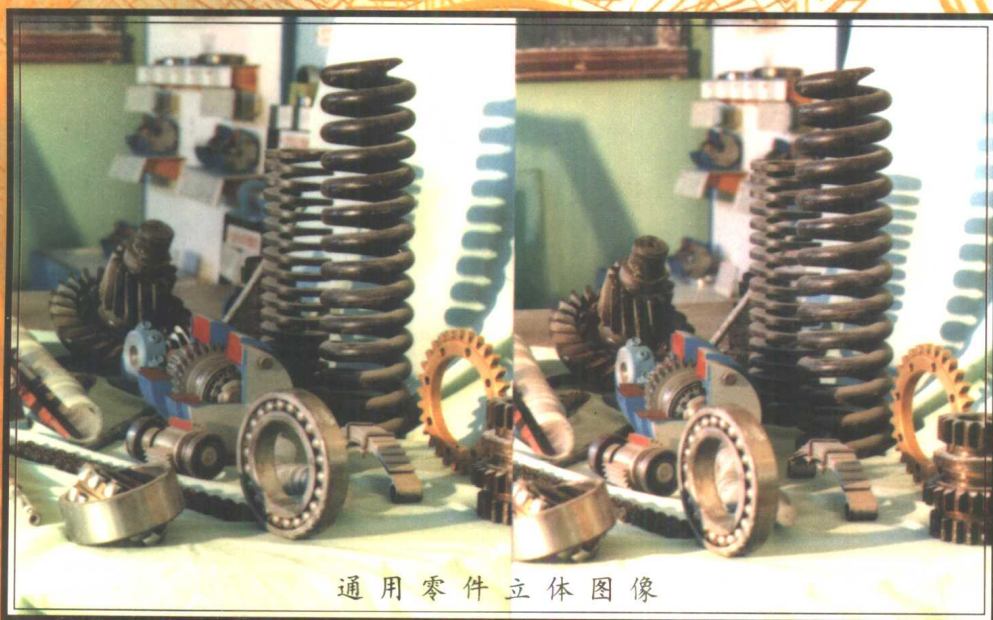


高等学校教材

机械设计

王中发 主编 吴宗泽 主审



通用零件立体图像

北京理工大学出版社

高等学校教材

机 械 设 计

王中发 周 勇 万小利 等编

吴宗泽 主审

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书以通用机械零件的设计(特别是传动部分的零件设计)基本知识为主要内容,包括它们的设计内容和方法,并且增加了关于机械CAD的基础知识,其主要内容有:

第二章为摩擦、磨损和润滑;第三章至第八章为传动件的设计计算;第九章至第十一章为联接件的设计、选择和计算;第十二章至十五章为轴系的设计计算和联轴器、离合器的选择;第十六章为密封;第十七章为常用弹簧的设计计算;第十八章为通用机械设计方法与机械CAD。

本书适于高等工科院校机械类本科生必修的“机械设计”课程教材,也可以作为机械工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/王中发主编. —北京:北京理工大学出版社, 1998. 7

ISBN 7-81045-428-5

I. 机… II. 王… III. 机械设计 IV. TH12

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第13299号

责任印制:刘季昌 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码100081 电话(010) 68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787毫米×1092毫米 16开本 25.75印张 629千字

1998年7月第1版 1998年7月第1次印刷

印数:1—3000册 定价:32.00元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

本教材的内容是按《国家教育委员会关于高等学校工科本科部分基础课程教学基本要求》的精神,和《机械设计课程教学基本要求》1993年11月修订草案的内容并结合教改的要求,按68—72学时的范围而定的。

本教材加强了通用机械零部件的设计计算和结构设计,加强了与整机设计的联系,突出各种零件在整机内的不同作用,使学生明确机械设计是一门综合性较强的系统工程的概念,逐步树立正确的产品发明思维和设计方法,以便尽快掌握对一般机械的设计方法,以符合我国飞速发展的形势对大学毕业生越来越高的要求。

本书的第一、五、八、十、十三章由王中发编写,第七、十七、十八章由周勇编写,第三、四、六章由万小利编写,第二、十一、十二章由孔凌嘉编写,第九、十五、十六章由杨梦辰编写,第十四章由张瑞乾编写,第十、十三章的部分习题由张玉荣编写。

全书由清华大学吴宗泽教授主审,在此表示衷心地感谢。

“机械设计”课程除《机械设计》一书作为主要教材外,还需要一套完整的配套教材,如《机械设计简明手册》、《机械设计课程设计指导书》和《机械设计课程设计图册》等。

根据机械类各专业的课内学时数不同,其内容可做删减。

本书采用了最新标准,对未标出具体国标号者,以能体现其原理和应用原则为主,学生可以当前实用的国家标准标号为准。

由于时间和水平所限,书中难免存在缺点和错误,诚恳希望读者提出指正和建议。

编 者

1997年7月于北京

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 课程性质、内容和任务.....	(1)
§ 1-2 机械设计过程简介.....	(1)
§ 1-3 载荷分析.....	(2)
§ 1-4 应力分析.....	(3)
§ 1-5 机械零件主要失效形式.....	(4)
§ 1-6 机械零件设计原则.....	(5)
习 题	(9)
第二章 摩擦、磨损和润滑	(10)
§ 2-1 概述.....	(10)
§ 2-2 表面性质及表面接触.....	(10)
§ 2-3 摩擦.....	(12)
§ 2-4 磨损.....	(14)
§ 2-5 润滑剂.....	(17)
§ 2-6 润滑状态.....	(20)
习 题	(24)
第三章 圆柱齿轮传动	(26)
§ 3-1 概述.....	(26)
§ 3-2 圆柱齿轮受力分析.....	(27)
§ 3-3 齿轮传动失效分析.....	(29)
§ 3-4 材料选择与热处理.....	(31)
§ 3-5 圆柱齿轮传动精度.....	(33)
§ 3-6 计算载荷.....	(34)
§ 3-7 齿面接触疲劳强度计算.....	(38)
§ 3-8 齿根弯曲疲劳强度计算.....	(42)
§ 3-9 许用应力.....	(46)
§ 3-10 静强度计算和耐磨性计算	(53)
§ 3-11 圆柱齿轮设计	(54)
§ 3-12 结构设计与工作图	(60)
习 题	(64)
第四章 锥齿轮传动	(65)
§ 4-1 概述.....	(65)
§ 4-2 直齿锥齿轮受力分析.....	(67)
§ 4-3 直齿锥齿轮的强度计算.....	(68)

§ 4-4 设计实例	(69)
§ 4-5 结构设计与工作图	(73)
习 题	(75)
第五章 蜗杆传动	(76)
§ 5-1 概述	(76)
§ 5-2 阿基米德圆柱蜗杆传动	(78)
§ 5-3 蜗杆传动的相对滑动速度和效率	(82)
§ 5-4 失效形式与材料选择	(84)
§ 5-5 受力分析	(86)
§ 5-6 蜗轮轮齿强度计算与蜗杆刚度计算	(87)
§ 5-7 蜗杆传动的润滑与热平衡计算	(90)
§ 5-8 阿基米德圆柱蜗杆传动的结构与精度	(91)
§ 5-9 环面蜗杆传动简介	(99)
习 题	(100)
第六章 链传动	(102)
§ 6-1 概述	(102)
§ 6-2 链传动工作情况分析	(102)
§ 6-3 套筒滚子链传动	(103)
§ 6-4 失效分析	(105)
§ 6-5 套筒滚子链传动设计	(106)
§ 6-6 结构设计	(110)
习 题	(112)
第七章 带传动	(113)
§ 7-1 概述	(113)
§ 7-2 带和带轮	(114)
§ 7-3 带传动工作情况分析	(118)
§ 7-4 普通 V 带传动的设计计算	(123)
§ 7-5 V 带传动设计计算实例	(131)
§ 7-6 其它带传动简介	(134)
习 题	(136)
第八章 摩擦轮传动和无级变速机构简介	(137)
§ 8-1 概述	(137)
§ 8-2 摩擦轮传动中的滑动	(138)
§ 8-3 摩擦轮传动类型、基本结构	(139)
§ 8-4 摩擦轮的材料选择	(141)
§ 8-5 接触强度计算简介	(142)
§ 8-6 机械无级变速传动简介	(143)
习 题	(146)
第九章 焊接、铆接和粘接	(147)

§ 9-1 焊接	(147)
§ 9-2 铆接	(154)
§ 9-3 粘接	(158)
习 题	(160)
第十章 螺旋传动与螺纹联接	(161)
§ 10-1 螺旋传动概述	(161)
§ 10-2 螺纹主要参数	(164)
§ 10-3 螺旋机构的运动分析	(165)
§ 10-4 受力分析、效率与自锁	(166)
§ 10-5 强度计算	(168)
§ 10-6 传力螺旋的设计	(171)
§ 10-7 滚动螺旋简介	(179)
§ 10-8 螺纹联接概述	(180)
§ 10-9 螺纹联接的预紧和防松	(182)
§ 10-10 螺栓组联接受力分析	(184)
§ 10-11 单个螺栓联接强度计算	(190)
§ 10-12 提高螺栓联接强度的措施	(196)
§ 10-13 螺纹联接元件的强度级别	(200)
§ 10-14 螺栓联接设计计算	(201)
习 题	(208)
第十一章 轴毂联接	(212)
§ 11-1 概述	(212)
§ 11-2 键联接	(212)
§ 11-3 花键联接	(216)
§ 11-4 销联接	(218)
§ 11-5 过盈联接	(219)
§ 11-6 型面联接	(219)
§ 11-7 弹性环联接	(220)
习 题	(220)
第十二章 轴	(222)
§ 12-1 概述	(222)
§ 12-2 轴的材料	(224)
§ 12-3 初步估算轴的直径	(225)
§ 12-4 轴的结构设计	(226)
§ 12-5 轴的强度计算	(230)
§ 12-6 轴的刚度计算	(233)
§ 12-7 轴的振动简介	(235)
§ 12-8 设计实例	(238)
附 表	(244)

习 题	(246)
第十三章 滚动轴承	(247)
§ 13-1 概述	(247)
§ 13-2 滚动轴承代号	(248)
§ 13-3 滚动轴承特性与选择	(256)
§ 13-4 滚动轴承受力分析	(259)
§ 13-5 滚动轴承设计计算	(261)
§ 13-6 组合设计	(278)
§ 13-7 滚动轴承设计计算	(286)
习 题	(288)
第十四章 滑动轴承	(291)
§ 14-1 概述	(291)
§ 14-2 滑动轴承的类型和典型结构	(292)
§ 14-3 轴瓦材料及结构	(295)
§ 14-4 液体动压润滑基本方程	(300)
§ 14-5 液体动压径向滑动轴承的设计	(303)
§ 14-6 润滑剂和润滑方法的选择	(309)
§ 14-7 非液体摩擦滑动轴承的设计	(312)
§ 14-8 液体静压轴承简介	(314)
§ 14-9 其它轴承简介	(315)
§ 14-10 设计实例	(316)
习 题	(318)
第十五章 联轴器、离合器与制动器	(320)
§ 15-1 联轴器与离合器概述	(320)
§ 15-2 联轴器	(321)
§ 15-3 离合器	(328)
§ 15-4 制动器简介	(332)
习 题	(333)
第十六章 密封	(335)
§ 16-1 概述	(335)
§ 16-2 密封形式的分类与选择	(335)
§ 16-3 静密封	(337)
§ 16-4 接触式动密封	(338)
§ 16-5 非接触式动密封与混合式密封	(341)
§ 16-6 机械密封	(344)
习 题	(344)
第十七章 弹簧	(345)
§ 17-1 概述	(345)
§ 17-2 弹簧材料	(347)

§ 17-3	圆柱螺旋弹簧的结构	(350)
§ 17-4	圆柱螺旋弹簧的工作情况分析	(353)
§ 17-5	圆柱螺旋压缩、拉伸弹簧的设计	(356)
§ 17-6	圆柱螺旋扭转弹簧的设计	(360)
习 题		(363)
第十八章	机械设计方法与机械 CAD	(364)
§ 18-1	通用机械设计方法概述	(364)
§ 18-2	原理方案设计方法	(369)
§ 18-3	机械运动方案设计	(376)
§ 18-4	技术设计	(382)
§ 18-5	设计文档的编写	(387)
§ 18-6	计算机辅助机械设计综述	(388)
习 题		(400)
参考文献		(402)

第一章 绪 论

§ 1-1 课程性质、内容和任务

科技、生产、生活等各领域广泛应用的各种机械是怎样设计、制造出来的，这是一个系统工程问题。从大的方面分析，一是设计，二是制造。本课程就是为解决机械设计的基础技能的培养而设置的一门技术基础课。在本课程之前，应修完诸如高等数学、机械制图、互换性与技术测量、理论力学、材料力学、金属工学和机械原理等课程，通过本课程的学习，对先修基础知识的综合应用，可以具备对各种常用的通用机械零部件的设计和选用的能力，进而达到独立设计简单机械的能力。所以本课程实为承上启下的、综合应用的、由基础理论课向专业课过渡的技术基础课。

本课程的内容是对机械设计的基础知识、基本原理、程序和设计步骤与过程的论述。

具体内容有：

机械零件的工作能力、计算准则和设计原则，常用材料的选择原则，零件的工艺性、标准化、通用化和系列化的应用；

联接件的设计：螺纹联接、键联接等；

传动件设计：带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等；

轴系的设计与计算：轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器等；

其它零部件设计：弹簧、减速器等。

要求能较为熟练地掌握以上各通用零部件的设计计算、选择材料和热处理以及结构设计的基本技能。再通过课程设计，要求学员能初步掌握对通用机械零件和简单机械设计的基本能力。

§ 1-2 机械设计过程简介

一、对机械设计应满足的要求

- (1) 满足功能方面的要求，能实现预期运动，满足使用者的要求和设计者的设想；
- (2) 具有良好的经济性、尽量降低成本，为此，应进行可靠性设计、优化设计，尽量节省能源，使其结构简单、工作效率高；
- (3) 操作方便、安全可靠、便于维修；
- (4) 符合人机工程，造型美观，便于包装和运输等等。
- (5) 工艺性要求 设计中更要重视零部件的制造与装配工艺性的要求，尽量降低其复杂性，以保证在满足功能要求下尽量降低成本，要正确分析处理好选材、热处理、精度等级、形状以及加工手段与设备等因素的影响。

二、机械设计步骤

一般情况下,可以按下述步骤进行设计:

(1) 制定设计任务书 应进行市场调查、了解需求情况,确定要设计的新产品主要性能指标,如速度、载荷性质、寿命和工作条件等;

(2) 确定主要参数 由任务书给定的重要条件和原始参数,通过计算、实验、调研等必要的初步工作,最后确定设计所需要的重要参数,如功率、转速、应力性质等;

(3) 方案选择与确定 由能实现预期功能的多种方案中,最后确定一种最佳设计方案并绘出此方案的机构运动简图;

(4) 总体设计运动计算 计算出各轴间的速比和各轴的转速;

(5) 总体设计动力计算 计算出各轴间的传动效率和各轴的传动功率;

(6) 零件强度计算 包括对传动件、联接件和轴系的强度计算;

(7) 结构设计 在设计过程中,应边设计、边计算、边修改、边绘图,对不合理的结构必须努力改进,使之完善;

(8) 试制、鉴定;

(9) 改进设计,批量投产。

§ 1-3 载荷分析

机械零件承受不同的外载荷,产生不同应力,首先应对它们了解和掌握。

一、载荷形式

为了计算方便,常用以下几种载荷形式:

集中力 $F(\text{N}, \text{kN})$ 、转矩 $T(\text{N} \cdot \text{m}$ 或 $\text{N} \cdot \text{mm})$ 、功率 $P(\text{kW})$ 或弯矩 $M(\text{N} \cdot \text{mm})$ 。

二、载荷种类

1. 按载荷与时间关系分类(常用的几种)

(1) 静载荷 大小与方向不随时间而变化或变化缓慢的载荷,如图 1-1 所示;

(2) 变载荷 大小与方向随时间而变化的载荷称为变载荷,其变化无规律者通常称为随机变载荷,而按一定规律变化者通常称为循环变载荷,如图 1-2 为一般循环变载荷、图 1-3 为对称循环变载荷、图 1-4 为脉动循环变载荷等等。

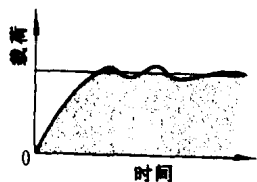


图 1-1 静载荷

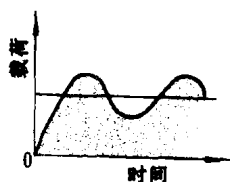


图 1-2 一般循环变载荷

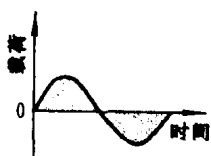


图 1-3 对称循环变载荷

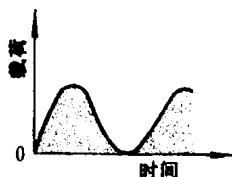


图 1-4 脉动循环变载荷

对于那些无规律的随机变载荷的计算比较复杂，这里从略。

2. 按应用计算场合分类

- (1) 额定载荷 一般指原动机标牌功率或由此而计算出的力或转矩等；
- (2) 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；
- (3) 计算载荷 考虑实际工作时的条件(如冲击、振动等)下，产生附加载荷后的全部载荷，用以计算零件强度、刚度、通常将额定载荷乘以不同影响因素的系数($K=K_1K_2\cdots$)。

§ 1-4 应力分析

一、应力种类

工程中以变应力为多，这里按常用的应力 σ 与时间 t 的关系介绍如下几种：

- (1) 静应力 大小与方向不随时间而变化或变化缓慢的应力，如图 1-5(a)所示；
- (2) 变应力 大小与方向随时间而变化的应力称为变应力，工程中常用的为按一定规律而变化的循环变应力，如图 1-5(c)所示为对称循环变应力，图 1-5(d)所示为脉动循环变应力，图 1-5(b)所示为一般循环变应力。

对于那些无规律的随机变应力，这里从略。

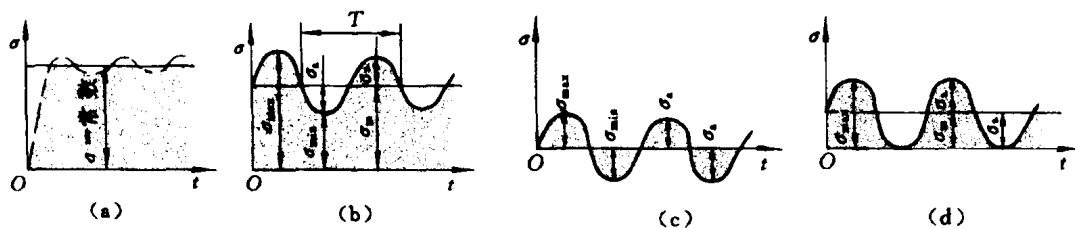


图 1-5 几种典型的稳定变应力谱

(a) 静应力；(b) 一般循环变应力；(c) 对称循环变应力；(d) 脉动循环变应力

二、变应力主要参数

图 1-5 中标记的为正应力 σ ，也可以表示为剪应力 τ 。

最大应力： $\sigma_{\max}$ (含符号)；

最小应力： $\sigma_{\min}$ (含符号)；

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

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

应力特性系数: $r = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$, 以“ σ_{rN} ”的形式表示在不同种类变应力作用下的各种材料的有限寿命($10^4 < N < 10^6 \sim 25 \times 10^6$)疲劳极限, 以“ $\sigma_{r\infty}$ ”表示无限寿命($N > 10^6 \sim 25 \times 10^6$)疲劳极限, 或称持久疲劳极限; 显然, r 的不同值表示不同种类的循环应力作用下的疲劳极限, 如通常在有限寿命设计情况下有

$$\sigma_{rN} \begin{cases} \sigma_{+1N} & \text{—— 静应力作用下材料强度极限(或简单表示为 } \sigma_{+1} \text{);} \\ \sigma_{0N} & \text{—— 脉动循环变应力作用下材料的疲劳极限(或简单表示为 } \sigma_0 \text{);} \\ \sigma_{-1N} & \text{—— 对称循环变应力作用下材料的疲劳极限(或简单表示为 } \sigma_{-1} \text{).} \end{cases}$$

§ 1-5 机械零件主要失效形式

机械零件在设计要求的寿命之内, 失去原来设想的工作功能, 则为失效。常见的失效形式有:

一、断裂

这是由于零件体积应力过大而造成的破坏使其无法继续工作, 也称为体积失效, 断裂还可以分为:

(1) 静应力作用下的过载断裂 通常其断口为具有残余塑性变形(对塑性材料)的断面或呈粗糙表面的断面(对脆性材料);

(2) 在应力反复作用下或循环变应力作用下的疲劳断裂 通常其断口为同时具有光滑部分和残余变形(对塑性材料)或呈粗糙表面的断面(对脆性材料)。

二、变形过大

如果由于零件过大的弹性变形超过了许用值, 致使不能正常工作, 则属于刚度不合格。

三、振动

当零件振动过大, 特别是发生共振时, 致使振幅超过了许用值而失效。

四、表面失效

(1) 在过大的表面接触应力作用下, 可能造成零件的表面失效, 有如下形式:

①胶合失效(亦称粘着磨损): 是在重载下润滑失效致使金属实体直接接触, 过高的温度可能使滚动或滑动的接触表面粘着并撕裂, 即为胶合失效;

②点蚀失效(亦称疲劳磨损): 在变化的表面接触应力作用下, 点接触或线接触的接触表面可能累积产生麻点形状的损伤现象, 属于表面疲劳失效; 扩散型的点蚀扩散后严重地影响零件的正常使用, 而收敛型的点蚀可以继续工作;

③磨损失效(亦称磨粒磨损): 对无密封、相对运动的滑动表面在磨粒作用下可能严重磨损, 或由于表面过高的表面粗糙度经摩擦后致使严重磨损;

④塑性变形: 在低速重载下, 在过大的表面间的摩擦力的作用下, 可能使接触表面的表层材料沿摩擦力的方向产生无法恢复的塑性变形, 塑性变形也属于体积应力失效范围;

(2) 腐蚀失效：多产生在化学腐蚀物质的接触和作用下而造成表面腐蚀失效。

有资料表明，由于磨损、腐蚀和各种疲劳破坏的零件占总失效数量的绝大多数(73%以上)，而由于断裂失效的零件则很少(不到5%)。

§ 1-6 机械零件设计原则

在对机械零件进行设计计算时，要在保证零件于要求寿命内不许失效的原则下，取恰当的几何参数，以降低其重量和成本，首先要针对可能发生失效的原因确定设计原则。

一、强度准则

零件在要求寿命内，不允许由于强度不合格而失效，即零件的强度合格。可以按材料力学中的强度条件进行计算，强度条件计算式的一般形式如下

$$\sigma = \frac{\phi(P_1, P_2, P_3, \dots)}{f(x_1, x_2, x_3, \dots)} \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

剪应力 τ 的强度条件与式(1-1)相似。

式中 P_i 为各种载荷或有关系数； X_i 为零件有关的几何尺寸参数。

对常用的简单应力状态和复杂应力状态下的强度条件，应该熟练掌握：

简单 应力 状态	{	拉伸、压缩：	$\sigma = F/A \leq [\sigma]$	$\begin{cases} F & \text{—— 拉(压)力} \\ A & \text{—— 横截面积} \end{cases}$
		弯曲：	$\sigma_F = M/W \leq [\sigma]$	$\begin{cases} M & \text{—— 弯矩} \\ W & \text{—— 抗弯截面模量} \end{cases}$
		扭转：	$\tau = T/W_p \leq [\tau]$	$\begin{cases} T & \text{—— 转矩} \\ W_p & \text{—— 抗扭截面模量} \end{cases}$

复杂应力状态的强度条件为

按第3强度理论 $\sigma_3 = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$

按第4强度理论 $\sigma_4 = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$

1. 许用应力

(1) 静应力下 $[\sigma] = \sigma_{\text{lim}}/S \quad (1-2)$

式中 σ_{lim} 为强度极限(σ_b 或 σ_s)； S 为安全系数。

(2) 变应力下 当零件中应力为变应力时，由于其失效除与材料性质、热处理和使用条件等因素有关外，还与零件形状(不同形状的应力集中不同)、尺寸、表面状态、要求的寿命以及工作的重要性等因素有关，故在计算其许用应力时，应在其计算公式中考虑能体现这些影响因素的作用程度的系数

$$[\sigma_{rN}] = (\sigma_{r\infty} \epsilon_s \beta_s K_N) / (S_s K_s) \quad (1-3)$$

式中 $\sigma_{r\infty}$ ——材料持久疲劳极限，通常用 σ_r 表示，如 σ_{-1} ；

ϵ_s ——尺寸系数，用以修正零件尺寸对许用应力的影响；

β_s ——表面状态系数；用以修正零件表面硬化程度对许用应力的影响；

K_N ——寿命系数，见式(1-4)，用以修正零件寿命对许用应力的影响；

K_σ ——应力集中系数，用以修正由于零件形状而产生的应力集中对许用应力的影响；

S_σ ——安全系数。

对许用剪应力 $[\tau]$ ，上述关系式概念上亦适应。

由强度条件计算出的零件尺寸，应该是既符合强度原则、又经济的数值。

2. 有限寿命设计

(1) 材料疲劳曲线 在变应力作用下，材料疲劳失效，其持久限 σ_{rN} 与受力次数 N 的关系如图 1-6 与图 1-7 所示。

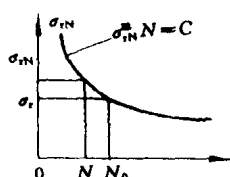


图 1-6 一般金属材料疲劳曲线

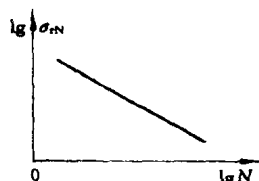
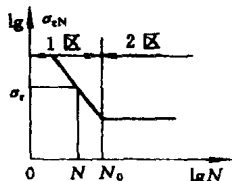


图 1-7 有色金属材料与高强度合金钢的疲劳曲线

图中 N_0 为循环基数，其值为
$$N_0 = \begin{cases} 10^7 & \text{(低于 350 HBS 的钢材)} \\ 25 \times 10^7 & \text{(高于 350 HBS 的钢材)} \end{cases}$$

有些高硬度金属材料或有色金属的疲劳曲线没有水平部分，如图 1-7。

(2) 有限寿命设计 有限寿命设计时，按零件的工作寿命可以选用较高的疲劳极限 σ_{rN} ，从而减小零件尺寸、减轻重量、降低成本。

图 1-6 中 $N < N_0$ 部分的数学计算公式为

$$\sigma_{rN}^m N = \sigma_{r\infty}^m N_0 = \text{常量}$$

由此可得任意寿命时的疲劳强度极限

$$\sigma_{rN} = \sigma_{r\infty} \sqrt[m]{N_0/N} = \sigma_{r\infty} K_N$$

式中 K_N ——寿命系数。

$$K_N = \sqrt[m]{N_0/N} \quad (1-4)$$

考虑到有限寿命设计时的寿命系数 K_N ，则其许用应力 $[\sigma_{rN}]$ 应为式 (1-3) 所示。式中指数 m 和循环基数 N_0 的值见表 1-1。

表 1-1 弯曲状态下碳钢的指数 m 和循环基数 N_0 值

实 验 条 件	m	N_0
无应力集中的抛光试件	9~18	$(1\sim5) \times 10^6$
有应力集中的抛光试件	6~10	$(1\sim5) \times 10^6$
紧配合的轴、心轴	6~10	$(5\sim10) \times 10^6$
经表面强化处理	18~20	$(1\sim50) \times 10^6$
注 ①零件表面强化(喷丸、滚压)使 m 值增加，应力集中增大使 m 减小 ②若无扭转的实验数据，可用弯曲时的数值(近似) ③对于接触应力，线接触时 $m_s = m/2$ ，点接触时 $m_d = m/3$		

许用切应力概念上亦同式(1-3)。

3. 安全系数法(一般指静应力情况下)

强度条件的另一表达式为

$$S_{\sigma} = \sigma_{\text{lim}} / \sigma_c \geq [S_{\sigma}] \quad (\text{正应力})$$

$$S_{\tau} = \tau_{\text{lim}} / \tau_c \geq [S_{\tau}] \quad (\text{剪应力})$$

式中 S_{σ} 、 S_{τ} 为计算安全系数； $[S_{\sigma}]$ 、 $[S_{\tau}]$ 为许用安全系数； σ_c 、 τ_c 为计算应力； σ_{lim} 、 τ_{lim} 为极限应力。

这里介绍的安全系数法是计算方法的概念，各参数的取值可参考各专业的设计资料。

4. 拉伸许用应力 $[\sigma]$ 与弯曲、剪切、挤压、扭转等许用应力的比例关系

在静应力作用下，各种应力状态下的许用应力与拉伸许用应力 $[\sigma]$ 的比例关系，可以参考表 1-2。

表 1-2 弯、扭、剪、挤压的静强度许用应力与拉伸许用应力 $[\sigma]$ 的比例关系

材料 \ 状态	弯曲 $[\sigma]_F$	扭转 $[\tau]$	挤压 $[\sigma]_p$	剪切 $[\tau]_l$
塑性材料	$(1 \sim 1.2)[\sigma]$	$(0.5 \sim 0.6)[\sigma]$	$(1.5 \sim 2.5)[\sigma]$	$(0.6 \sim 0.8)[\sigma]$
脆性材料	$[\sigma]$	$(0.8 \sim 1)[\sigma]$	$(0.9 \sim 1.5)[\sigma]$	$(0.8 \sim 1)[\sigma]$
* 此表适用于静应力或 $N < 10^3$ 次的变应力				

5. 强度计算内容

在强度计算中，按强度条件计算公式可求出公式中的任何参数，但一般常用设计计算(求零件的主要几何参数)和校核计算(判断是否符合强度条件)两种形式。

6. 提高零件强度的措施

- (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和适当的热处理方法，以提高许用应力；
- (3) 尽量减小零件载荷，合理安排载荷分布，以降低应力；
- (4) 减小零件的应力集中程度。

二、刚度准则

在外载荷作用下，不允许由于零件过大的弹性变形而失效，即零件的刚度合格。设计计算中，应使零件的实际弹性变形不大于许用值。对重要零件应进行刚度计算。

1. 刚度条件(见图 1-8)

$$\left. \begin{array}{ll} \text{挠度} & y \leq [y] \\ \text{偏转角} & \theta \leq [\theta] \\ \text{扭转角} & \phi \leq [\phi] \end{array} \right\} \quad (1-5)$$

式中 y 、 θ 和 ϕ 的计算公式见《材料力学》有关章节。

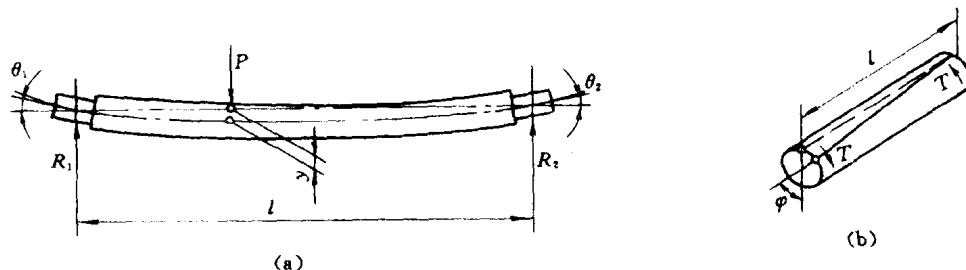


图 1-8 零件的弹性变形

2. 提高零件刚度措施

因为常用的各种钢材的弹性模量 E (或剪切弹性模量 G) 的数值相差不大, 所以选择强度较高的合金钢材对提高刚度意义不大, 主要是以改变截面形状、尺寸、或减小长度、或设置加强筋等措施提高零件刚度。

三、耐磨性准则

影响接触表面耐磨性因素较多, 主要是摩擦面间的压力、滑动速度、摩擦系数、表面状态以及滑动面材质的金相关系等。超过一定限度的磨损将使零件失效, 如零件较大的变形、尺寸减小而折断、产生噪声、精度降低和振动加剧等形式致使零件失效。设计中通过对接触表面的正压力 p 与 pv 值等参数的计算, 使其小于许用值, 即零件的耐磨性合格。

提高表面耐磨性可以采取诸如选择减摩、耐磨性好的配搭材料, 提高表面硬度, 正确选择润滑方式和润滑剂种类, 采取提高表面耐腐蚀的表面处理 (如电镀、离子渗透等), 进行热平衡计算等措施。

四、振动稳定性准则

设计中一定要避免共振, 使外载荷的工作频率 f_p 远离零件的固有频率 f , 通常应使 f_p 大于 $1.4 f$, 或小于 $0.7 f$ 。

五、工艺性和经济性准则

在保证零件功能条件下, 尽量选用先进的、但是经济性好的制造、装配、表面处理的工艺手段、工艺流程, 在满足要求的情况下, 不要选择过高的精度, 要降低形状的复杂程度, 重视工装的设计, 等等。

为了保证产品有较高的竞争性, 要尽量采用先进的设计理论、方法和设计手段, 应用 CAD, 合理地选择材料和热处理方法, 减少材料的耗损, 注意产量与工艺关系的合理选择, 尽量降低零件重量指标系数 $a=W/P$ (W 为产品重量, P 为产品额定功率); 设计中要符合标准的规定, 大量选用标准零部件, 提高零部件的标准化、通用化和系列化的比例, 努力降低成本, 提高竞争能力。