



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械设计

第三版

朱文坚 黄 平 主编
刘小康 翟敬梅

高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机 械 设 计

Jixie sheji

第三版

朱文坚 黄 平 刘小康 翟敬梅 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书根据教育部制定的《机械设计教学基本要求》，在保持和发扬第二版特色的基础上，从内容和体系上进行了新的探索。主要具有以下特点：（1）按学科分类编写，淡化对具体机械零件的介绍。全书按总论、常用机械零件的类型和选择、静强度设计、疲劳强度设计、摩擦学设计、热分析、结构设计将内容分成七部分，以突出各零件设计中的共性，便于建立不同零件在设计方法上的联系。（2）加强对机械零、部件结构设计内容的介绍。（3）增加当前机械学科的新技术、新工艺、新材料方面的内容。（4）增加设计方法方面的内容，特别是强调多方案设计、优化设计和再设计的思想及其在工程设计中的应用。书中在目录后，增加了符号说明；书后附录包含了各章常用的表格、线图和机械设计常用名词中英文对照。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业机械设计课程教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/朱文坚等主编.--3版.--北京:高等教育出版社,2015.6

ISBN 978-7-04-042645-8

I. ①机… II. ①朱… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 087757 号

策划编辑	段博原	责任编辑	段博原	封面设计	张楠	版式设计	余杨
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刘娟娟	责任印制	田甜		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京宏伟双华印刷有限公司		http://www.landracom.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16		
印 张	26	版 次	2005 年 2 月第 1 版
字 数	640 千字		2015 年 6 月第 3 版
购书热线	010-58581118	印 次	2015 年 6 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	38.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 42645-00

第三版前言

本书是在第二版的基础上,根据教学实践和教学改革的需求再次修订而成。本版编写的原则是:在保持前两版教材特色的基础上,进一步调整和完善教学内容,以使其安排更加合理,分类更加恰当。具体进行改编的内容如下:

(1) 将第二版第3章通过静载荷设计的联轴器、离合器的设计与计算内容调整到第6章,分别作为6.1和6.2节,以统一归类同样设计方法的零件内容;

(2) 增加了4.6节轴的介绍;

(3) 将第二版第4章中弹簧的部分设计内容调至6.8节,与弹簧设计内容(第二版的6.6节)合并;

(4) 将第二版第5章、第8章和第12章中有关温度影响和热平衡计算的内容归类为单独一章(第13章,并附有习题)。从而在前两版的零件介绍、静强度设计、疲劳强度设计、摩擦学设计和结构设计的基础上,新分出了热分析的独立内容,使得本书进一步凸显了按学科体系编排的特色;

(5) 删去了第二版中11.4节的内容;

(6) 将第二版第14章结构设计中的键、销等内容调整到零件介绍的第3章之中,与相关内容合并。将第14章结构设计中的轮系结构设计内容调整到零件介绍的第4章中,与相关内容合并。这样既可以集中和详细介绍这些内容,也避免因重复出现给授课带来的不便;

(7) 根据需要对少量正文内的表格调至附录,或是将附录的表格调至正文;

(8) 增加了符号说明;

(9) 更正或修改了前两版在文字、插图与计算中的一些错误和疏漏。

本书由朱文坚、黄平、刘小康、翟敬梅担任主编。全书共分七篇15章,参加修订工作的有:孙建芳(第1章、第2章)、翟敬梅(第3章、第4章)、刘小康(第5章、第6章)、李旻(第7章、第8章)、陈杨枝(第9章)、李静蓉(第10章)、胡广华(第11章、第12章)、黄平(第13章)、徐晓(第14章、第15章)。黄平对全书内容做了统编。

由于编者的水平有限,加之本书与传统的机械设计教材差异较大,是一项教学改革的新尝试,其结构和内容也是通过教学实践而在不断更新和加以完善,因此难免存在一定的不足和错误之处,望读者予以批评指正,并恳请提出改进的意见和建议。

编者

2015年1月

第二版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据教育部制定的《机械设计教学基本要求》和《教育部财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》【教高(2007)1号】等文件精神,充分吸取了高校近年来的教学改革经验,并在总结第一版使用经验的基础上修订的。

第二版修订的原则是:在保持和发扬第一版教材特色的基础上,从内容和体系上进行了新的探索;增强精品意识,努力提高教材质量。具体进行了以下几项工作:

(1) 随着科学技术的迅速发展,新理论、新学科、新技术、新标准不断出现,为了适应科技发展需要,在教学内容上进一步做一些推陈出新的尝试。

(2) 改革教学内容,以拓宽学生的知识面。

(3) 为了培养学生分析、解决工程实际问题的能力,适当增加设计例题的数量。

(4) 对部分内容进行了适当调整,以便更符合认知规律。

(5) 更正或改进了第一版中的文字、插图与计算中的错误和疏漏。

本书带*号的章节为选学内容,可根据具体情况进行取舍。

本书分六篇、共14章,参加第二版修订工作的有朱文坚(第1章、9.1、9.2、第10章、第13章)、梁莉(第2章、第14章)、徐晓(第3章、第4章)、刘小康(第5章、第6章)、谢宋良(第7章、第8章)、陈杨枝(9.3)、黄平(第11章)、刘莹(第12章),全书由朱文坚、黄平、刘小康担任主编。

本书作为教学改革的一项尝试,一定会有不足之处,加上编者的水平和时间有限,错误之处希望读者随时予以批评指正。

编者

2008年2月

第一版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据教学基本要求,并充分吸取了高校近年来的教学改革经验编写的。

当前,培养适应 21 世纪需要的高素质人才是我国高等院校的重要任务,而由于科技知识的更新速度不断加快,高等院校应把培养学生获取知识的能力作为重点,把学生培养成“厚基础、宽适应、强能力”的复合型人才。编写本教材的思路是“加强基础知识、基础理论、基本方法,重视工程设计能力的培养,注意发挥学生的创造性思维”。为此在编写教材时尝试进行了下面的工作:

(1) 按学科分类编写,淡化对具体机械零件的介绍,这是本书的最大特色之一。全书按静强度设计、疲劳强度设计、摩擦学设计、结构设计、标准零件的选用和非标准零件的设计分成六部分,以突出各零件设计中的共性,便于建立不同零件在设计方法上的联系。本书另一特点是将许多教材中安插在正文的大量表格和线图分类安排在附录中,这样减少了教学时数,也突出了主要教学内容。这些改革将有利于培养学生的逻辑思维和自学能力,提高学生的素质,并且加强了本课程的条理性、系统性。

(2) 加强了对机械零件、部件结构设计内容的介绍。由于本课程涉及很多结构设计内容,学生对一些设计性、综合性较强的内容难以掌握。为此,本教材在详细论述结构设计的基本要求、基本原则、基本原理的基础上,介绍了提高强度和刚度的结构设计及其设计方法,然后以具体零部件为例进行结构设计,改变目前的教材只分散介绍具体零部件结构设计的情况,使学生能较系统地掌握结构设计的有关知识。

(3) 增加了当前有关机械学科的新技术、新工艺、新材料方面的内容。如弹性啮合与摩擦耦合传动,是作者近年提出并已成功应用的一种新型机械传动方式。本教材简单介绍了该传动的结构、工作原理及应用。这些相关内容的引入,拓宽了学生的知识面。

(4) 增加了设计方法方面的内容,特别是强调了多方案设计、优化设计和再设计的思想及其在工程设计中的应用。

本教材分六篇共 14 章,参加本书编写工作的有朱文坚(第 1、2 章、第 9 章 9.3 节、第 11、12 章),刘峰(第 3 章、第 4 章 4.1、4.2 节),谢宋良(第 5 章、第 6 章 6.1 节),黄平(4.3~4.5 节、6.2 节、第 8、9 章部分、第 10 章、第 13 章部分、第 14 章部分),徐晓(第 13、14 章),陈东(第 7 章 7.1、7.2 节),陈杨枝(第 7 章 7.3 节),全书由朱文坚、黄平、吴昌林担任主编。李杞仪教授审阅了全书,在此表示感谢。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业机械设计课程教材,也可供有关工程技术人员参考。本教材作为教学改革的一项尝试,一定会有不足之处,加上编者的水平和时间有限,错误之处希望读者随时予以批评指正。

编者

2003 年 1 月

符号说明

A	轴向力	P	功率、当量载荷
a	中心距、伸出长度、距离、加速度	p	压强、压力、节距、螺距
B	宽度	P_h	导程
b	宽度	Q	流量
C	额定载荷、弹簧指数	q	单位长度质量、直径系数、热量
c	系数、顶隙、比热	R	半径、锥距
D	直径	r	半径
d	直径	S	内部轴向力、安全系数、齿厚
E	弹性模量	s	距离
e	偏心、距离	T	温度、转矩
F	载荷、径向力、支反力	t	时间
f	摩擦系数	U	速度
G	剪切弹性模量	u	齿数比
g	重力加速度	V	速度
H	高度、硬度	v	速度
h	膜厚、高度	W	抗弯模量、抗剪模量
I	惯性模量	w	载荷
i	传动比	X	坐标
J	热功当量	x	坐标、变位系数
j	循环次数	Y	坐标、校正系数
K	系数	y	坐标、挠度、径向位移、垂度
k	次数、键与轮毂键槽接触高度	Z	坐标
L	长度、寿命	z	坐标、齿数、根数
l	长度	α	角度、压力角、牙型角、楔角、接触角、角位移、系数
M	弯矩、螺纹标识	β	角度、螺旋角、牙侧角、倾斜角、直径比
m	模数、接合面数、零件指数	γ	角度、导程角
N	循环次数	Δ	间隙
n	转速、线数、圈数	δ	间距
O	原点	ε	偏心率
o	下标出口		

η	效率、润滑剂动力黏度	min	最小
θ	偏转角、角度	N	法向
λ	变形	n	法向
μ	泊松比	p	挤压、压力、节距处
ν	润滑剂运动黏度	Q	压轴
ρ	曲率半径、润滑剂密度、摩擦角	R	锥距的
σ	正应力	R	径向
τ	切应力	r	径向
ϕ	齿宽系数、间隙率(比)	s	屈服
φ	扭转角、转角	Sa	应力校正
ψ	升角、压缩弹簧高径比	T	扭转
ω	角速度	t	周向
	下标	v	垂直方向
0	初始值、脉动循环、额定、当量	v	当量、速度
1	大轮、从动轮、支承 2	x	x 方向上
-1	对称循环	y	y 方向上、悬垂
2	小轮、主动轮、支承 2	α	齿间
10	可靠度为 0.9	β	齿向
A	轴向、工况	σ	正应力
a	轴向、幅值	Σ	综合
o	出口	τ	切应力
b	弯曲、强度	ρ	极坐标的
c	离心		通配符
ca	计算值	[·]	许用值
E	弹性		
e	有效、零件		
F	弯曲		
f	摩擦		
Fa	齿形		
H	接触、Hertz、水平方向		
l	拉伸		
lim	极限		
m	均值		
max	最大		

目 录

第一篇 总 论

第1章 绪论	3	2.2 机械零件设计的基本要求和一般程序	8
1.1 机器的基本组成要素	3	2.3 机械零件材料的选用原则及常用材料	10
1.2 本课程研究对象、性质和任务	3	习题	13
第2章 机械零件的设计	5		
2.1 机械零件的失效形式和设计准则概述	5		

第二篇 常用机械零件的类型和选择

第3章 标准零件的类型和选用	17	第4章 非标准零件的类型和选用	58
3.1 螺纹与螺纹连接	17	4.1 带轮	58
3.2 键	24	4.2 滚子链链轮	60
3.3 销	28	4.3 齿轮	62
3.4 带	29	4.4 蜗杆与蜗轮	65
3.5 链	34	4.5 滑动轴承	73
3.6 滚动轴承	37	4.6 轴	80
3.7 联轴器	44	4.7 弹簧	81
3.8 离合器	52	习题	84
习题	55		

第三篇 静强度设计

第5章 机械零件中的载荷、静应力和变形	89	计算	101
5.1 机械零件的载荷	89	6.4 键连接的静强度设计与计算	115
5.2 机械零件的应力	90	6.5 链的静强度计算	120
5.3 机械零件的变形	95	6.6 滚动轴承静强度计算	120
习题	98	6.7 轴的静强度和刚度计算	121
第6章 典型机械零件的静强度设计	99	6.8 弹簧的受力、变形与刚度计算	124
6.1 联轴器的设计与计算	99	习题	128
6.2 离合器的设计与计算	100		
6.3 螺纹连接件的静强度设计与计算	101		

第四篇 疲劳强度设计

第7章 机械零件的疲劳强度计算	135	强度设计	151
7.1 变应力的种类和特征	135	8.1 齿轮传动的疲劳强度设计	151
7.2 疲劳极限与极限应力线图	138	8.2 蜗杆传动的疲劳强度设计	180
7.3 影响机械零件疲劳强度的因素	141	习题	184
7.4 稳定变应力下机械零件的疲劳强度计算	142	第9章 链传动、轴与滚动轴承疲劳强度设计	186
7.5 规律性不稳定变应力时机械零件的疲劳强度计算	146	9.1 套筒滚子链的疲劳强度设计	186
7.6 机械零件的接触疲劳强度	149	9.2 轴的疲劳强度设计	191
习题	150	9.3 滚动轴承疲劳寿命设计	193
第8章 齿轮传动与蜗杆传动疲劳		习题	205

第五篇 摩擦学设计

第10章 摩擦学设计方法	211	习题	251
10.1 摩擦状态	211	第12章 机械零件润滑设计	254
10.2 摩擦	214	12.1 非液体摩擦滑动轴承设计计算	254
10.3 磨损	216	12.2 液体动力润滑径向滑动轴承设计计算	257
10.4 润滑	220	12.3 典型机械传动中的润滑	264
习题	227	12.4 密封件与密封	268
第11章 机械零件摩擦设计	229	习题	271
11.1 带传动设计	229		
11.2 螺纹连接设计	240		
11.3 螺旋传动设计	246		

第六篇 热 分 析

第13章 机械设计中的热分析	275	13.2 机械设计中的热平衡计算	279
13.1 温度对材料性质的影响	275	习题	285

第七篇 结 构 设 计

第14章 结构设计概论	289	14.4 结构设计方法	302
14.1 机械结构设计的原则和内容	289	14.5 结构的工艺设计	304
14.2 结构设计的基本原理	290	习题	312
14.3 提高强度和刚度的结构设计	294	第15章 常用机械零件的结构设计	316
		15.1 轴的结构设计	316
		15.2 机架类零件的结构设计	321

15.3 机械部件的结构设计	324	习题	341
15.4 机械结构的合理布置	339		

附 录

一、常用金属材料的性能、用途表格	343	九、滚动轴承设计常用表格	373
二、带传动设计常用表格与线图	346	十、轴设计常用表格	375
三、链传动设计常用表格与线图	354	十一、疲劳强度计算常用表格与线图	378
四、联轴器、离合器设计常用表格	357	十二、齿轮传动设计常用表格与线图	382
五、蜗杆传动设计常用表格与线图	358	十三、常用润滑油和润滑脂性能表格 与线图	391
六、滑动轴承设计常用表格与线图	364	十四、螺旋传动设计常用表格	393
七、螺栓设计常用表格	370	十五、机械设计常用名词中英文对照	393
八、键及弹簧设计常用表格与线图	372		
参考文献			399

第一篇 总论

1

机械的发展是人类文明和社会进步的象征。早在远古时代,人类已经开始使用石块和木棒谋生,并用蚌壳和兽骨制成简单的工具捕猎动物。我们的祖先在古代已开始使用简单的机械,例如在 170 万年前已使用石器;在 3 万年前已使用了箭和原始的犁、刀、锄等;在 4 000 多年前,已制造和使用比原始机械更复杂和先进的古代机械,如记里鼓车、独轮车、水运仪象台、地球仪、指南车、纺纱机、水力纺纱机、火枪、火炮、缫丝机、走马灯、罗盘和罗盘针、造纸机械等。我国早在春秋战国时期已使用青铜合金,我国是世界上最早发明生铁冶炼技术、生铁柔化技术、炒钢法、灌钢法的国家。18 世纪,蒸汽机的发明和广泛应用使动力机械代替了人力和畜力,其提供的巨大动力促使能源、冶金、交通发生了翻天覆地的变化。19 世纪,电动机、发电机、电气设备的大量应用使生产过程向着机械化、自动化的方向发展。20 世纪以来,随着计算机的发明、应用和普及,加速了机械学科的发展。随着微电子技术、信息技术、机电一体化技术的迅猛发展和互相渗透,使机械工业向自动化、柔性化、智能化方向发展。科学技术飞跃发展及各学科之间的相互交叉和渗透,以及新材料、新能源、新产品不断出现,促进了机械设计理论和方法的发展。

在本篇中,首先介绍机器的基本组成要素,引出了机器、机构、零件以及通用零件和专用零件等概念。在此基础上,提出了机械设计这门课程所研究的对象、性质和任务。在给出机械零件的失效形式和设计准则之后,对机械零件设计的基本要求、设计一般程序、机械零件的材料及其选用原则进行总体上的介绍。

第 1 章

绪论

1.1 机器的基本组成要素

各种机器有不同的功能和外形,这些机器通常含有机械、电气、液压、气动、润滑、冷却、控制、监测等系统,其中机械系统是机器的主要组成系统,机械系统由若干机构组成,每个机构由若干零件组成,因此机器的基本组成要素是机械零件。机械零件在机器中或按确定的位置相互连接,或按给定的规律作相对运动,共同为完成机器的功能而发挥各自的作用。通常机械零件可分为两大类:一类是在各种机器中经常都能用到的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮、链轮等;另一类是在特定类型的机器中才能用到的零件,称为专用零件,如往复式活塞内燃机的曲轴等。机器中通常把一组协同工作的零件所组成的独立加工或独立装配的组合体叫部件,如联轴器、离合器等。机械零件的性能对机器的性能有较大影响,因此正确设计和合理选择机械零件,是成功设计满足功能要求机器的基本条件。

通过教学实践发现:学生在以往的机械设计课程学习时,感觉到难以把握要点,因此学习起来困难很大。多数同学反映:这门课程的系统性和规律性不强,内容较多和杂乱。本书根据各零件的设计原理和机械零件设计中所遵循的不同学科的规律,将原来讲授的机械设计内容共分成 7 篇 15 章。根据不同的设计方法按总论、常用机械零件的类型和选择篇、静强度设计篇、疲劳强度设计篇、摩擦学设计篇、热分析篇和结构设计篇进行划分。通过这样的分类,期望将学生以往所学的基础知识与机械设计的具体事例更好地联系起来,达到使学习者容易理解和记忆,并且能更好地了解为什么对不同的零件要采用不同的设计准则,以及掌握这些设计准则所依据的理论基础知识的来源。

1.2 本课程研究对象、性质和任务

机械设计是机械类专业学生必须学习的一门重要的技术基础课,它主要研究通用零件的基本设计理论与方法,并培养学生具有设计一般机械的能力。

本课程的主要任务:

- 1) 培养学生逐步树立正确的设计思想,了解和贯彻执行当前的有关技术经济政策。
- 2) 使学生掌握设计机械所必需的基本知识、基本理论和基本技能,具有初步设计机械传动装置和一般机械的能力。
- 3) 培养学生具有使用标准、规范、手册及其他技术资料的能力。

4) 培养学生掌握典型机械零件的实验方法,得到实验技能的基本训练。

5) 了解机械设计的发展动态,学习各种现代设计理论和方法。

本课程的学习方法:

由于机械设计是一门以一般通用零件的设计为核心的设计性课程,它在从基础理论课学习逐步进入到专业课学习的过程中,起着承上启下的作用。由于课程涉及的内容很多,相当部分内容还涉及实际的设计实践,而且很多问题都是多方案及多解答的,与具有严密逻辑演绎推理的一般理论课程相比,本课程显得系统性、规律性不强,学生学习本课程时,往往感到很难入手。为了帮助学生更好地学习本课程内容,现将本课程的学习方法简述如下:

1) 紧密联系生产实践,联系整体机械系统进行分析。

本课程主要研究通用零、部件的工作原理和设计计算方法,故学习过程中应紧密联系实际,了解机器的工况与要求,从整体机械系统分析入手,才能设计出满足生产实际要求的机械零、部件。

2) 逐步培养分析、解决问题的能力和方法。

学习本课程时,要多联系工程实际问题。本课程分析和解决问题的思路和方法,也是解决工程实际中常用的思路和方法。工程实际问题是一个复杂的系统,它涉及多方面的内容,需要多方面的知识和经验才能解决。因此,要培养能灵活运用基本概念、基本理论来解决工程实际问题的能力。

3) 掌握每章的重点及分析处理问题的思路和基本方法。

本课程的基本内容是机械零、部件的设计计算。学习这些零件时,其分析问题的思路大致为:分析该零件的工作原理及运动特点,进行受力分析;确定该零件工作时可能出现的主要失效形式,并建立该工况下零件不产生失效的设计准则;导出设计(或校核)公式(或许用应力),并计算(或校核)该零件的主要几何尺寸;进行结构设计并绘制零件工作图。

2.1 机械零件的失效形式和设计准则概述

2.1.1 机械零件的主要失效形式

机械零件在设计预定的期间内,并在规定条件下,不能完成正常的功能,称为失效。机械零件失效的形式很多,主要有整体断裂、塑性变形、腐蚀、磨损、胶合和接触疲劳。一般设计机械零件的判据有静强度、疲劳强度和摩擦磨损等。

1. 静强度失效

静强度失效是指机械零件在受拉、压、弯、扭等外载荷作用时,由于某一危险截面上的应力超过零件的强度极限而发生断裂或破坏。例如,螺栓受拉后被拉断,键或销在工作中被剪断或压溃等均属于此类失效。

此外,当作用于零件上的应力超过了材料的屈服极限时,则零件将产生塑性变形。塑性变形将导致零件精度下降或定位不准等,严重影响零件的正常工作,因此也属于失效。

2. 疲劳强度失效

大部分机械零件是在变应力条件下工作的,随着变应力的不断作用可以引起零件疲劳破坏而导致失效。另外,零件表面受到接触变应力长期作用也会产生裂纹或微粒剥落的现象。疲劳破坏是随工作时间的延续而逐渐发生的失效形式,是引起大多数机械零件失效的重要原因。例如,轴受载后由于疲劳裂纹扩展而导致断裂、齿根的疲劳折断和点蚀以及链条的疲劳断裂等都是典型的疲劳破坏。

机械零件的静强度失效是由于应力超过了屈服极限,并在断裂发生之前,往往出现很大的变形,因此静强度失效往往是可以发现,并可以预知的。而疲劳强度失效的发生则是突然的,很难事先预知,因此它的危害更大。

3. 摩擦学失效

摩擦学失效主要是腐蚀、磨损、打滑、胶合和接触疲劳。腐蚀是发生在金属表面的一种电化学或化学侵蚀现象,其结果将使零件表面产生锈蚀而使零件的抗疲劳能力降低。磨损是两个接触表面在作相对运动的过程中,表面物质丧失或转移的现象。胶合是由于两相对运动表面间的油膜被破坏,在高速、重载的工作条件下,发生局部粘在一起的现象,当两表面相对滑动时,相黏结的部位被撕破而在表面上沿相对运动方向形成沟痕,称为胶合。接触疲劳是受到接触变应力长期作用的表面产生裂纹或微粒剥落的现象。有些零件只有在满足某些工作条件下才能正常工

作。例如,液体摩擦的滑动轴承只有在存在完整的润滑油膜时才能正常地工作,否则滑动轴承将发生过热、胶合、磨损等形式的失效,属于摩擦学失效。又如,带传动的打滑和螺纹的微动磨损也是摩擦学失效的例子。

4. 其他失效

除了以上指出的主要失效形式,机械零件还有其他一些失效形式,如变形过大的刚度失效、温度过高的失效、不稳定失效等。此外,机械零件的具体失效形式还取决于该零件的工作条件、材质、受力状态及所产生的应力性质等多种因素。即使同一种零件,由于工作情况及机械的要求不同,也可能出现多种失效形式。例如,齿轮传动可能出现轮齿折断、磨损、齿面疲劳点蚀、胶合或塑性变形等失效形式。

2.1.2 机械零件的设计准则

1. 静强度准则

静强度是保证机械零件在静载荷工况下能正常工作的基本要求。零件的强度不够,就会出现整体断裂或塑性变形等失效形式而丧失其工作能力,甚至导致安全事故。强度准则就是指零件中的最大应力小于或等于许用应力,即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2.1a)$$

或

$$\tau \leq [\tau] \quad (2.1b)$$

式中: σ 、 τ 为零件的工作正应力和切应力,MPa; $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 为材料的许用正应力和许用切应力,MPa,它们可以通过将材料的屈服极限(塑性材料)或是强度极限(脆性材料)除以适当的安全系数得到。

2. 疲劳强度准则

疲劳强度是保证机械零件在变载荷工况下,能正常工作一定时间而不破坏的基本要求。零件疲劳强度不够,就会在其工作寿命期间内出现疲劳断裂、疲劳点蚀等失效形式而丧失工作能力,甚至导致安全事故。疲劳强度准则与式(2.1)类似,但是疲劳强度的许用应力要按下式计算:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S_{\sigma}} \quad (2.2a)$$

或

$$[\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{S_{\tau}} \quad (2.2b)$$

式中: S_{σ} 、 S_{τ} 为疲劳强度的正应力和切应力的安全系数; $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 为材料正应力和切应力的疲劳强度极限,MPa。

特别需要指出:按疲劳强度设计时,因为载荷是变化的,零件的工作应力不再是简单的正应力或切应力,除了必须考虑应力的均值和变化幅值的大小外,还必须考虑载荷变化规律的影响。另外,疲劳强度与许多因素(如载荷性质、零件尺寸、表面加工精度、应力集中情况等)有关,因此在这类机械零件的设计过程中必须根据具体工况加以修正(有关内容详见下面的具体章节)。