

三导丛书

机 械 设 计

(第七版)

导 教 · 导 学 · 导 考

秦彦斌 陆 品 主编
郭瑞峰 李团结 阎文辉 屈文涛 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是高等学校机械设计课程的教学辅导书。全书由重点内容提要、知识结构图、考点及常见题型精解、考研点津、课后习题详解、学习效果测试及答案和附录(模拟试题)等部分组成,旨在帮助读者掌握课程内容重点,学会分析问题的方法,提高解题能力,检查学习效果。本书可供使用濮良贵、纪名刚主编的《机械设计》(第七版)教材的学生和青年教师参考,也可供使用其他版本教材的学习者参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计(第七版)导教·导学·导考/秦彦斌,陆品主编.—西安:西北工业大学出版社,2005 2

ISBN 7-5612-1900-8

.机... . 秦... 陆... .机械设计—高等学校—教
学参考资料 . TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 005859 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:029-88493844, 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:850 mm×1168 mm 1/32

印 张:13.25

字 数:460千字

版 次:2005年4月第1版 2005年4月第1次印刷

定 价:19.00元

前 言

本书是以濮良贵、纪名刚先生主编的普通高等教育“九五”国家级重点教材《机械设计》（第七版）为参考，总结我们从事教学工作的经验和体会以及广泛参考其他同类参考书编写而成。可供学习机械设计课程的读者和初次从事机械设计教学的教师参考。

本书各章均由重点内容提要、知识结构图、考点及常见题型精解、考研点津、课后习题详解、学习效果测试题及解答等部分组成。其中在重点内容提要中着重介绍该章教学基本要求，并对各章核心内容进行了总结性的陈述，旨在突出重点和难点，帮助读者加深对课程知识的理解和掌握。在知识结构图中，我们试图将各章的主要内容以图表的形式总结出来，使读者对本章的主要内容和重点能够一目了然。在考点及常见题型精解部分，我们总结了多数考试中比较容易出题的考点并有针对性地列举例题进行讲解，帮助读者在复习以及应对考试时抓住重点、有的放矢。在考研点津部分，我们精心搜集了一些院校的典型考研题并进行了较为详细的解答，试图总结出各院校考研题的出题规律。在例题后，我们有目的地进行了评注，或进一步强调重点，或对一些容易混淆的概念进一步澄清，或对一些知识进行拓展，

或对容易犯的错误进行分析指正。课后习题详解部分是对教材后的习题进行较为详细的解答。学习效果测试部分用于帮助读者检查学习效果。在此需要说明，由于本课程计算公式中的参数可在一定范围中选取，这样就会出现同一情况下的参数，不同人取不同的值的现象，这是完全正常的。因此，本书中一些习题的解答并非是惟一的答案，这一点特别提请初学者注意。为方便读者使用，书中章节次序和习题编号均与原教材保持一致。

参加本书编写工作的有西安石油大学秦彦斌（第1, 13, 14, 16章）、陆品（第8, 9, 15章）、阎文辉（第4, 12, 17章）、屈文涛（第3, 5, 18章）、西安电子科技大学李团结（第2, 7, 11章）、西安建筑科技大学郭瑞峰（第6, 10章）。由秦彦斌、陆品统稿并担任主编。

鉴于编者水平有限，对濮良贵、纪名刚先生主编的教材的理解尚有不到之处，书中难免有错误或疏漏，敬请广大读者批评指正。

编者

2005年1月于西安

目 录

第 1 章	绪论.....	1
1.1	重点内容提要	1
1.2	学习效果测试题	3
第 2 章	机械设计总论.....	4
2.1	重点内容提要	4
2.2	重点知识结构图.....	11
2.3	考点.....	12
2.4	学习效果测试题及解答.....	12
第 3 章	机械零件的强度	14
3.1	重点内容提要.....	14
3.2	重点知识结构图.....	23
3.3	考点及常见题型精解.....	24
3.4	考研点津.....	29
3.5	课后习题详解.....	33
3.6	学习效果测试题及解答.....	35

第 4 章	摩擦、磨损及润滑概述.....	39
4.1	重点内容提要.....	39
4.2	重点知识结构图.....	44
4.3	学习效果测试题.....	44
第 5 章	螺纹联接和螺旋传动	46
5.1	重点内容提要.....	46
5.2	重点知识结构图.....	55
5.3	考点及常见题型精解.....	57
5.4	考研点津.....	72
5.5	课后习题详解.....	80
5.6	学习效果测试题及解答.....	87
第 6 章	键、花键、无键联接和销联接	94
6.1	重点内容提要.....	94
6.2	重点知识结构图.....	98
6.3	考点及常见题型精解.....	99
6.4	考研点津	100
6.5	课后习题详解	103
6.6	学习效果测试题及解答	107
第 7 章	铆接、焊接、胶接和过盈联接.....	109
7.1	重点内容提要	109
7.2	重点知识结构图	116
7.3	考点及常见题型精解	117
7.4	考研点津	121
7.5	课后习题详解	123
7.6	学习效果测试题及解答	127

第 8 章 带传动.....	131
8.1 重点内容提要	131
8.2 重点知识结构图	136
8.3 考点及常见题型精解	138
8.4 考研点津	141
8.5 课后习题详解	145
8.6 学习效果测试题及解答	148
第 9 章 链传动.....	152
9.1 重点内容提要	152
9.2 重点知识结构图	159
9.3 考点及常见题型精解	160
9.4 考研点津	163
9.5 课后习题详解	165
9.6 学习效果测试题及解答	168
第 10 章 齿轮传动	171
10.1 重点内容提要.....	171
10.2 重点知识结构图.....	185
10.3 考点及常见题型精解.....	187
10.4 考研点津.....	195
10.5 课后习题详解.....	203
10.6 学习效果测试题及解答.....	217
第 11 章 蜗杆传动	221
11.1 重点内容提要.....	221
11.2 重点知识结构图.....	228

11 3	考点及常见题型精解.....	229
11 4	考研点津.....	232
11 5	课后习题详解.....	235
11 6	学习效果测试题及解答.....	248
第 12 章	滑动轴承	255
12 1	重点内容提要.....	255
12 2	重点知识结构图.....	262
12 3	考点及常见题型精解.....	263
12 4	考研点津.....	268
12 5	课后习题详解.....	271
12 6	学习效果测试题及解答.....	275
第 13 章	滚动轴承	278
13 1	重点内容提要.....	278
13 2	重点知识结构图.....	285
13 3	考点及常见题型精解.....	286
13 4	考研点津.....	293
13 5	课后习题详解.....	297
13 6	学习效果测试题及解答.....	301
第 14 章	联轴器和离合器	304
14 1	重点内容提要.....	304
14 2	重点知识结构图.....	310
14 3	考研点津.....	311
14 4	课后习题详解.....	312
14 5	学习效果测试题及解答.....	314

第 15 章 轴	318
15.1 重点内容提要.....	318
15.2 重点知识结构图.....	325
15.3 考点及常见题型精解.....	326
15.4 考研点津.....	334
15.5 课后习题详解.....	338
15.6 学习效果测试题及解答.....	344
第 16 章 弹簧	349
16.1 重点内容提要.....	349
16.2 重点知识结构图.....	355
16.3 考点及常见题型精解.....	356
16.4 考研点津.....	360
16.5 课后习题详解.....	363
16.6 学习效果测试题及解答.....	368
第 17 章 机座和箱体简介	371
17.1 重点内容提要.....	371
17.2 重点知识结构图.....	373
17.3 学习效果测试题.....	373
第 18 章 减速器和变速器	374
18.1 重点内容提要.....	374
18.2 重点知识结构图.....	376
18.3 学习效果测试题及解答.....	377

附录 A	模拟试题	.....	379
A.1	模拟试题	.....	379
A.2	模拟试题	.....	383
A.3	模拟试题	.....	387
A.4	模拟试题	.....	391
附录 B	模拟试题参考解答	.....	397
B.1	模拟试题	参考解答	397
B.2	模拟试题	参考解答	399
B.3	模拟试题	参考解答	403
B.4	模拟试题	参考解答	406
参考文献	.....		413

1.1 重点内容提要

1.1.1 教学基本要求

- (1) 明确机械设计在现代化建设中的重要作用。
- (2) 弄清零件设计在机械设计中的地位。
- (3) 了解本课程的内容、性质、特点,与先修及后继课程之间的关系,以及相应的学习方法,从而对整个课程获得大概的总体认识。

1.1.2 机器与机械零件

任何机器的主体都是它的机械系统,机械系统总是由一些机构组成,而机构又是由许多零件组成。所以,机器的基本组成要素是机械零件。

1. 机械零件的分类

按照使用情况将机械零件分为两类:

- (1) 通用零件:在各种机器中经常能用到的零件。
- (2) 专用零件:在特定类型的机器中才能用到的零件。

2. 机器与零件的关系

对于一台机器这个总体来说,一切零件都是它的局部,它们必须受到全局的制约。各个零件在机器中,或按确定的位置相互联接,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。所以任何机器的性能,都是建立在它的主要零件的性能或某些关键零件的综合性能的基础之上的。由此可知,要想设计出一台很好的机器,必须很好地设计或选择它的零件;而每个零件的设计或选择,又是和整台机器的要求分不开的。如果不从机器的全局出发,任何一个零件都不可能正确地设计或选择出来。

1.1.3 本课程的内容、性质和任务

1. 课程内容

在简要介绍关于整台机器设计的基本知识的基础上,重点讨论一般尺寸和参数的通用零件(重型、微型及在高速、高压、高温、低温条件下工作的通用零件除外),包括它们的基本设计理论和方法,以及有关技术资料的应用等。具体内容包
括:总论、联接、传动、轴系及其他共五大部分。

2. 课程性质

本课程是以一般通用零件的设计为核心,论述它们的基本设计理论与方法的设计性技术基础课程。

3. 课程任务

本课程(包括它的全部教学环节)的主要任务是培养学生:

- (1) 具有正确的设计思想、勇于创新探索、实事求是、团结协作、艰苦奋斗的精神。
- (2) 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,进而具有综合运用所学的知识,研究改进或开发新的基础件及设计简单的机械的能力。
- (3) 具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力。
- (4) 掌握典型机械零件的实验方法,获得实验技能的基本训练。
- (5) 了解国家当前的有关技术经济政策,并对机械设计的新发展有所了解。

1.1.4 如何学习本课程

机械设计课程主要研究常用、通用机械零部件的设计。这些零部件都是独立的,对初学者来说,开始学习时会深感零碎而难以入门。要解决此问题,可在
学习这门课中时刻贯穿失效形式—受力分析—强度计算—结构设计这一主线。无论学习哪种机械零部件的设计,如果以此为主线为纲,就便于入门、便于掌握。

零部件的失效形式是零件设计的依据,零件的受力分析是零件设计的基础,强度计算是零件的设计方法,结构设计是零件设计的结果。用这样的总体思想去学习机械设计,是学好、掌握、运用机械设计的最佳指导思想。对于初学者,特别要注意设计决非只是计算,计算虽也重要,但它只是为结构设计提供一个基础,而零件、部件及机器的最后尺寸和形状,通常都是在结构设计中取定的,

计算所得的数字,最后往往会被结构设计所修改,必要时,还需要返回再次计算。事实上,设计是一个计算—结构设计—再计算—再结构设计的反复过程。单单注重计算或单单注重结构设计都是不正确的。

机械设计是实践性很强的课程,除了努力学好教材外,还要认真学好各个实践性教学环节的内容,并注意把主要精力用于钻研零件的结构、选材、制法、标准、规范、适用场合、工作情况、受力及应力状态、失效形式及其机理、设计准则、设计方法与步骤,以及可能出现的问题与对策上,而对公式的推导、经验数据的取得、某些曲线的来历等,只需作一般的了解,不必反复深钻,以免偏离重点。由于零件设计的结果往往由结构设计来体现,故结构设计在设计工作量中一般占较大比重,必须给予足够的重视。

总之,在本课程的学习过程中,要综合运用先修课程中所学的有关知识与技能,结合各个教学实践环节进行机械工程技术人员的基本训练,逐步提高自己的理论水平、构思能力、工程洞察力和判断力,特别是分析问题及解决问题的能力,为顺利过渡到专业课程的学习及进行专业产品和设备的设计打下宽广而坚实的基础。

1.2 学习效果测试题

- 1-1 机器的基本组成要素是什么?
- 1-2 什么是通用零件?什么是专用零件?试各举三个实例。
- 1-3 本课程的性质和任务是什么?
- 1-4 在机械零件设计过程中,如何把握零件与机器的关系?

第 2 章 机械设计总论

2.1 重点内容提要

2.1.1 教学基本要求

- (1) 了解现代机器的基本组成部分及它们的功能。
- (2) 了解机器设计的一般程序。
- (3) 熟悉机器设计应满足的主要要求。
- (4) 理解和掌握机械零件的主要失效形式。
- (5) 理解和掌握机械零件设计时应满足的基本要求。
- (6) 掌握机械零件的主要设计准则。
- (7) 熟悉机械零件的常规设计方法。
- (8) 熟悉机械零件设计的一般步骤。
- (9) 了解机械零件常用材料的性能和选用原则。
- (10) 了解机械零件设计中标准化的内容和重要意义。
- (11) 了解机械现代设计方法的新发展。

2.1.2 设计机械零件时应满足的基本要求

不管是机器的基本组成部分(原动机部分、传动部分和执行部分),还是附加组成部分(控制系统和辅助系统),都包含有由机械零部件构成的机械系统。对机器或机械系统的要求在很大程度上是要靠零件满足设计要求来保证的。机械零件设计时一般应满足下列基本要求。

(1) 避免在预定寿命期内失效的要求。组成机器的所有零件必须具有相应的工作能力,否则就会失效。为此,机械零件应具有足够的强度、刚度和规定的

寿命。

强度是零件抵抗断裂、过大的残余变形和表面接触疲劳的能力。刚度是零件抵抗弹性变形的能力。零件的刚度分为整体变形刚度和表面接触刚度两种。寿命是指零件正常工作延续的时间。影响零件寿命的主要因素是疲劳、腐蚀和磨损。

大部分机械零件均在变应力条件下工作,因而疲劳破坏是引起零件失效的主要原因。影响零件材料疲劳强度的主要因素是:应力集中、零件尺寸大小、零件表面品质及环境状况。在设计时,应努力从这几方面采取措施,以提高零件抵抗疲劳破坏的能力。

(2) 结构工艺性要求。零件具有良好的结构工艺性,就是要求零件便于加工、便于装配、费用低等。零件的结构工艺性不仅与毛坯制造、机械加工、装配要求有关,而且还与零件的材料、生产批量、生产设备条件等有关。零件的结构设计对零件的结构工艺性具有决定性的影响,是学习机械设计时应掌握的一个重点内容,应给予足够的重视。

(3) 经济性要求。经济性要求就是要降低零件的生产成本。通常采取的措施有:采用轻型的零件结构以降低材料消耗;采用少余量或无余量的毛坯或简化结构以减少加工工时;采用工艺性良好的结构以减少加工和装配费用;采用廉价材料代替贵重材料;采用组合结构代替整体结构;尽量采用标准化的零部件取代特殊加工的零部件等。

(4) 质量小的要求。设计时应力求减小零件质量,这样不但节约材料,便于运输,降低成本,还可以减小运动零件的惯性,改善机器的动力性能。

(5) 可靠性要求。机器是由许多零件组成的,因而机器的可靠性取决于机械零件的可靠性。为了提高零件的可靠性,应当使工作条件和零件性能的随机变化尽可能小,并在使用中加强维护和对工作条件进行监测。

2.1.3 机械零件的主要失效形式

机械零件不能正常工作称为失效。机械零件的主要失效形式有:

(1) 整体断裂:由于零件的变应力超过其疲劳极限,或由于危险截面上的应力超过零件的强度极限而造成的失效。

(2) 过大的残余变形: 由于零件的应力超过其材料的屈服极限而引起过大的变形量, 使零件不能正常工作。

(3) 零件的表面破坏: 零件的表面破坏主要是腐蚀、磨损和接触疲劳。这些破坏形式都是随工作时间的延续而逐渐发生的。

腐蚀是发生在金属表面的一种电化学或化学侵蚀现象。腐蚀的结果是使金属表面产生锈蚀, 从而使零件表面遭到破坏。对于承受变应力的零件, 还要引起腐蚀疲劳现象。

磨损是两个接触表面在作相对运动的过程中发生物质丧失或转移的现象。

接触疲劳是零件表面长期受到接触变应力的作用而产生裂纹或剥落的现象。

(4) 破坏正常工作条件引起的失效: 有些机械零件只有在一定的工作条件下才能正常工作, 如果这些必备的工作条件被破坏, 就将导致零件的失效。

机械零件究竟经常发生哪种形式的失效, 要根据各行各业使用大量的不同机器的失效结果来具体分析。腐蚀、磨损和疲劳是引起零件失效的主要原因。

2.1.4 机械零件的设计准则

为了避免机械零件失效, 在设计零件时进行计算所依据的准则是与零件的失效形式密切相关的。一个机械零件可能有多种失效形式, 在设计时, 应根据其主要的失效形式采取相应的计算准则。为了保证零件在预定的使用期限内正常工作, 常用的计算准则如下。

1. 强度准则

零件在工作过程中, 承受各种载荷, 零件承受载荷的能力, 即抵抗整体断裂、过大的残余变形和表面接触疲劳的能力, 称为零件的强度。如果强度不够, 零件就会失效。强度准则是指零件中由载荷引起的应力不得超过允许的限度, 即许用应力 $[\sigma]$ 。其一般的表达式为

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (2.1)$$

而许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (2.2)$$

式中, σ_{lim} 为极限应力, 对应于一次断裂、疲劳破坏和残余变形失效, 极限应力分

别为材料的强度极限、疲劳极限和屈服极限； S 为设计安全系数（简称安全系数）。

2. 刚度准则

刚度是机械零件抵抗弹性变形的能力。如果零件的刚度不够，就会因过大的弹性变形而失效。刚度准则是指零件在载荷作用下产生的弹性变形量不得超过许用变形量。其表达式为

$$y \leq [y] \quad (2.3)$$

式中， y 为弹性变形量，可按各种求变形量的理论或实验方法确定； $[y]$ 为许用变形量，应根据不同的使用场合，按理论或经验来确定其合理的数值。

3. 寿命准则

寿命是机械零件能正常工作延续的时间。影响寿命的主要因素——腐蚀、磨损和疲劳是三个不同范畴的问题，它们各自发展过程的规律完全不同。迄今为止，还没有适当可靠的腐蚀寿命、磨损寿命定量计算方法，因而不拟讨论。对于疲劳寿命，通常是以求出使用寿命的疲劳极限或额定载荷来作为计算的依据。

4. 振动稳定性准则

振动是指机械零件发生周期性的弹性变形现象。一般情况下，零件的振幅较小。但当零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 接近或成整倍数关系时，零件就会发生共振，致使零件破坏或机器工作失常。振动稳定性准则是指设计时使机器中受激振作用的各零件的固有频率与激振源的频率错开，即应保证

$$0.85f > f_p \quad \text{或} \quad 1.15f < f_p \quad (2.4)$$

如果不能满足上述条件，可用改变零件及系统的刚性、改变支承位置、增加或减少辅助支承等办法来改变零件的固有频率 f ，以避免发生共振。

此外，提高回转件的动平衡精度，采用隔振元件把激振源与零件隔离，或者增加阻尼以减小受激振动零件的振幅等措施，都可以改善零件的振动稳定性。

5. 可靠性准则

可靠性用可靠度来度量。所谓零部件或机械系统的可靠度，就是它们各自在规定的条件下和规定的工作时间（寿命）内，无故障地完成规定功能的能力（或概率）。可靠性准则就是将常规设计中视为常量的设计参数如实地作为随