



国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

# 机械设计基础

邹培海 银金光 主编  
王 洪 主审

- 国家最新标准，符合设计规范
- 突出机械现代设计的新方法
- 内容简洁、实用，侧重应用
- 配备有电子教案和习题解答



清华大学出版社  
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社  
<http://press.bjtu.edu.cn>

国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

# 机械设计基础

	邹培海	银金光	主 编
吴卫平	姜忠军	龙 娟	副主编
	滕文建	魏新村	
		王 洪	主 审

清华大学出版社  
北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书根据全国示范性高职高专专业课开发指导委员会制定的机械设计基础课程教学的基本要求和教材编写大纲,并结合编者多年从事教学、生产实践的经验编写而成,旨在培养学生机械设计的基本能力和工程素质。

全书内容共分17章,主要包括:绪论,平面机构的运动简图和自由度,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮传动,蜗杆传动,轮系,其他常用机构,刚性回转件的平衡,联接,带传动,链传动,滚动轴承,滑动轴承,轴,其他常用零、部件,计算机辅助设计。为了便于学习,每章设有小结、思考与习题,书中带“\*”的章节为选学内容,可根据各专业需要进行取舍。

本书可作为高职高专院校机械类、机电类和近机类等工科各专业机械设计基础课程的教材(90~100学时),也可供有关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/邹培海,银金光主编.—北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2009.5

(国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列)

ISBN 978-7-81123-542-5

I. 机… II. ①邹… ②银… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第036993号

责任编辑:韩素华

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:20.5 字数:509千字

版 次:2009年5月第1版 2009年5月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-542-5/TH·14

印 数:1~5 000册 定价:32.00元

---

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043,51686008;传真:010-62225406;E-mail:press@bjtu.edu.cn。

# 国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

## 编委会

主 任 王利明

副主任 蒋建强 邱 坤 陈金英 张宝君 王 洪

编 委(排名不分先后)

吴卫平	周四新	和青芳	赵立燕	孔庆玲	贾俊良
银金光	邹培海	吴 燕	吴永锦	宋金虎	刘宏丽
刘纪新	郭 勇	史利娟	卞化梅	张 娜	龙 娟
孔晓林	文 珈	林 洪	闫永亮	刘春玲	赵洪光
宁文波	许永平	刁希莲	鲍梅莲	金 山	刘新平
石进水	李付军	温 红	白西平	王益军	李 彬
姚传峰	陈红杰	滕文建	魏新村	宋金虎	李 强
钟宝华	张吉林	王玉英	王国林	姜忠军	杨玉花
徐德慧	刘太刚	刘佐群	郝继红	李历坚	刘 兢
孙 哲	王 琪	姚京贤	吴 燕	戈 峰	殷小清
文 珈	胡凤菊	刘永辉	伏 娟	姚 红	王继群
陈 琰	周淑芳	孙维丽	殷 钺	刘永利	邵永录

# 前 言

根据教育部《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，全国示范性高职高专专业课开发指导委员会制定了机械设计基础课程教学的基本要求。本书正是按照这个要求，从该课程的知识、能力和素质结构等要求出发，根据该课程的教材编写大纲，由全国示范性高职高专专业课开发小组各成员单位组织编写的。

本教材的特点有如下几方面。

1. 重点突出、侧重应用。在本书编写过程中，充分吸取了各院校近几年机械设计基础课程教学改革的经验，删减了理论性较强的内容，加强了基本理论及有关设计方法的应用。全书强调“能分析”、“能设计”，力求在应用性方面有所突破。本书在教学课时和篇幅有限的情况下，力求少而精，以“必需、够用”为原则，突出重点，精选内容，侧重应用。

2. 内容简洁、实用。本书尽量做到文字简明，内容精练，删去了繁琐的理论公式推导，注重应用成熟的结论和方法去培养学生分析并解决实际问题的能力，力争体现高职高专机械设计基础课程的特色。书中带“\*”的章节为选学内容，可供教师组织教学和学生自学。

3. 本书在结构顺序的编排和教学语言的陈述等方面都考虑合理；力求概念把握准确，叙述深入浅出、详略得当；每章后设有小结、思考与习题，便于学生循序渐进地学习和课后复习。

4. 为了适应当今科学技术发展的需要，本书增设了计算机辅助设计（包含 CAXA）等内容，目的是体现机械现代设计的新方法，加强学生综合能力的培养。

5. 本书采用的工程符号、专业术语、单位等均为国家最新标准或国际标准，力求使用成熟的、简便易行的设计规范。

本书由邹培海、银金光任主编，其中第 1、2、5、7、11 章由银金光编写，第 3、6、8、10、13 章由邹培海编写，第 4、9、12、15 章由吴卫平、姜忠军、龙娟和银金光编写，第 14、16、17 章由滕文建、魏新村和邹培海编写。全书由王洪副教授主审。王洪副教授在审稿过程中，对本书提出了许多宝贵的意见和建议，并对本书的出版做出了很大贡献，编者在此表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者  
2009 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	(1)
1.1 本课程的研究对象与基本概念 .....	(2)
1.2 本课程的主要内容和任务 .....	(4)
1.3 机械设计的基本要求与设计准则 .....	(4)
1.4 机械设计的方法和一般步骤 .....	(6)
1.5 机械现代设计方法简介 .....	(7)
小结.....	(8)
思考与习题.....	(9)
<b>第 2 章 平面机构运动简图和自由度</b> .....	(10)
2.1 运动副及分类.....	(11)
2.2 平面机构的运动简图.....	(13)
2.3 平面机构自由度及计算.....	(16)
小结 .....	(21)
思考与习题 .....	(21)
<b>第 3 章 平面连杆机构</b> .....	(24)
3.1 平面四杆机构的类型.....	(25)
3.2 平面四杆机构的工作特性.....	(29)
3.3 平面四杆机构的设计.....	(34)
小结 .....	(38)
思考与习题 .....	(39)
<b>第 4 章 凸轮机构</b> .....	(41)
4.1 凸轮机构的特点和类型.....	(42)
4.2 从动件的术语和常用的运动规律.....	(44)
4.3 图解法设计凸轮轮廓.....	(47)
4.4 凸轮机构设计时应注意的问题.....	(51)
小结 .....	(55)
思考与习题 .....	(55)
<b>第 5 章 齿轮传动</b> .....	(57)
5.1 齿轮传动的特点和类型.....	(58)
5.2 渐开线齿轮的齿廓与啮合特性.....	(59)
5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸.....	(62)
5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动.....	(66)
5.5 渐开线齿轮的加工.....	(69)
5.6 变位齿轮及传动.....	(72)

5.7	齿轮的失效形式与材料选择	(78)
5.8	齿轮的结构与精度	(81)
5.9	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(84)
5.10	斜齿圆柱齿轮传动	(92)
5.11	标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(96)
5.12	标准直齿圆锥齿轮传动	(102)
5.13	标准直齿圆锥齿轮的受力分析与传动的强度计算	(106)
5.14	齿轮传动的润滑	(111)
	小结	(113)
	思考与习题	(113)
<b>第6章</b>	<b>蜗杆传动</b>	(116)
6.1	蜗杆传动的特点和类型	(117)
6.2	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(118)
6.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(124)
6.4	蜗杆传动的受力分析与强度计算	(126)
6.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(128)
	小结	(131)
	思考与习题	(131)
<b>第7章</b>	<b>轮系</b>	(132)
7.1	轮系的类型	(133)
7.2	定轴轮系传动比的计算	(134)
7.3	周转轮系传动比计算	(136)
7.4	复合轮系传动比计算	(139)
7.5	几种特殊的行星传动简介	(141)
	小结	(143)
	思考与习题	(143)
<b>第8章</b>	<b>其他常用机构</b>	(145)
8.1	棘轮机构	(146)
8.2	槽轮机构	(150)
8.3	不完全齿轮机构和凸轮式间歇机构简介	(154)
8.4	螺旋传动	(154)
	小结	(158)
	思考与习题	(159)
<b>第9章</b>	<b>刚性回转件的平衡</b>	(160)
9.1	平衡的目的和类型	(161)
9.2	静平衡	(162)
9.3	动平衡	(165)
	小结	(167)
	思考与习题	(167)

<b>第 10 章 联接</b> .....	(169)
10.1 机械制造中常用的螺纹 .....	(170)
10.2 普通螺纹联接 .....	(173)
10.3 螺旋副的受力分析、自锁条件及效率 .....	(176)
10.4 螺纹联接的预紧、防松及结构设计 .....	(178)
10.5 螺栓联接的强度计算 .....	(182)
10.6 键联接 .....	(187)
10.7 花键和销联接 .....	(192)
小结 .....	(193)
思考与习题 .....	(194)
<b>第 11 章 带传动</b> .....	(196)
11.1 带传动的工作原理、类型和特点 .....	(197)
11.2 V 带和 V 带轮 .....	(198)
11.3 带传动的受力分析和弹性滑动 .....	(202)
11.4 带传动的应力分析和设计准则 .....	(204)
11.5 带传动的设计计算 .....	(208)
11.6 带传动的张紧、安装和维护 .....	(213)
小结 .....	(215)
思考与习题 .....	(215)
<b>第 12 章 链传动</b> .....	(216)
12.1 链传动的类型和应用 .....	(217)
12.2 链条和链轮 .....	(218)
12.3 链传动的运动特性 .....	(221)
12.4 滚子链传动的设计 .....	(223)
12.5 链传动的布置、润滑和张紧 .....	(229)
小结 .....	(231)
思考与习题 .....	(232)
<b>第 13 章 滚动轴承</b> .....	(233)
13.1 滚动轴承的基本知识 .....	(234)
13.2 滚动轴承类型的选用 .....	(240)
13.3 滚动轴承的受力分析、失效形式和计算准则 .....	(243)
13.4 滚动轴承的寿命及载荷的计算 .....	(244)
13.5 滚动轴承的组合设计 .....	(252)
13.6 滚动轴承的润滑和密封 .....	(258)
小结 .....	(261)
思考与习题 .....	(261)
<b>第 14 章 滑动轴承</b> .....	(262)
14.1 滑动轴承的结构类型 .....	(263)
14.2 轴瓦和轴承材料 .....	(267)



14.3	非液体摩擦滑动轴承的计算	(272)
14.4	滑动轴承的润滑	(274)
* 14.5	流体膜滑动轴承简介	(277)
	小结	(281)
	思考与习题	(282)
<b>第 15 章</b>	<b>轴</b>	(283)
15.1	轴的用途、类型和设计要求	(284)
15.2	轴的材料	(286)
15.3	最小轴径的估算	(287)
15.4	轴的结构设计	(288)
15.5	轴的强度计算	(291)
15.6	轴的刚度计算及临界转速的概念	(297)
	小结	(298)
	思考与习题	(298)
<b>第 16 章</b>	<b>其他常用零、部件</b>	(300)
16.1	联轴器	(301)
16.2	离合器	(305)
* 16.3	弹簧	(307)
	小结	(310)
	思考与习题	(310)
<b>第 17 章</b>	<b>计算机辅助设计</b>	(311)
17.1	CAD 技术概念及发展	(312)
17.2	CAXA 实体设计简介	(313)
17.3	机械系统动态设计理论及方法	(315)
	参考文献	(318)

# 第 1 章

## 绪 论

学习情境	绪 论	总课时：2	
学习目标			
1. 掌握机器、机构、构件和零件等几个概念的含义 2. 了解本课程的研究对象、主要内容、主要教学环节、学习特点和方法			
学习内容			
1. 本课程的研究对象和基本概念 2. 本课程的主要内容和任务 3. 机械设计的基本要求 4. 机械设计的方法和一般步骤 5. 机械现代设计方法简介			
学习方法	工具与材料	要求	考核与评价
联系实际，注意观察	1. 身边的工程结构 2. 各种机器	<ul style="list-style-type: none"><li>• 掌握多个概念</li><li>• 区分机器与机构、零件与构件之间的区别与联系</li></ul>	教师评价 100% (提问、演示)

## 1.1 本课程的研究对象与基本概念

### 1.1.1 本课程的研究对象

机器的发展经历了一个由简单到复杂的过程。人类为了满足生产和生活的需要,设计和制造了各种各样的机器,如汽车、起重机、洗衣机、自行车以及各种机床等。尽管机器类型很多,但就其组成来说,它们都是由各种实物组成。如图 1-1 所示的自行车,它是由链轮 1、链条 2、飞轮 3、后轮 4 和前轮 5 等零件所组成。当人蹬链轮 1 做逆时针方向转动时,通过链条 2 带动飞轮 3 转动,飞轮 3 内的棘轮爪机构驱动后轮 4 转动,从而使得自行车沿地面向前运动。

又如图 1-2 所示的工业冲床,它是由电动机 1、传动带 2、曲轴 3、滑块 4 和冲头 5 等零件所组成。当电动机 1 启动后,通过传动带 2 带动曲轴 3 转动,曲轴 3 又通过滑块 4 带动冲头 5 做上下往复运动,靠上下模具的配合,冲头便可以冲出所需要的零件。

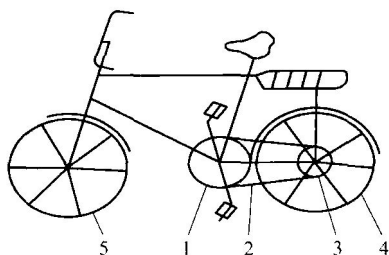


图 1-1 自行车示意图

1—链轮; 2—链条; 3—飞轮; 4—后轮; 5—前轮

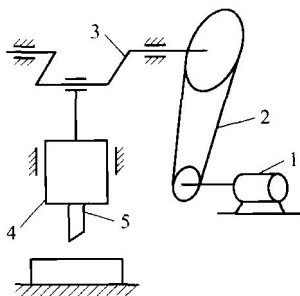


图 1-2 冲床示意图

1—电动机; 2—传动带; 3—曲轴; 4—滑块; 5—冲头

从以上两个实例可以看出,机器具有下述 3 个特征: ① 都是人为的实物组合; ② 各实物间具有确定的相对运动; ③ 它们能代替或减轻人类的劳动,完成机械功或转换能量和信息。一台机器不管内部结构如何,其基本组成部分有 3 个:原动机部分、传动部分、执行部分。但随着机器的功能越来越多,对机器的精确度要求也越来越高,还会不同程度地增加其他部分,例如,控制系统、润滑系统和其他辅助系统等。

与机器类似,机构也是人为的实物组合,但它不具备第三个特征,即不能够转换能量或减轻人类的劳动。工程上常见的机构有连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构等,它们都只能进行运动和动力的传递。如图 1-3 所示的单缸内燃机,构件 1~4 组成曲柄滑块机构;构件 5、6 组成凸轮机构;构件 7、8 组成齿轮机构。在曲柄滑块机构中,可将活塞的往复运动转化为曲轴的回转运动;齿轮机构和凸轮机构的协调动作使内燃机按工作要求有规律地完成进、排气任务。一般机器包含若干个机构,但最简单的机器也可以由一个机构所组成,如电动机。

为了便于研究,人们通常将机器和机构总称为机械,本课程的研究对象就是机械及其机

械零、部件。

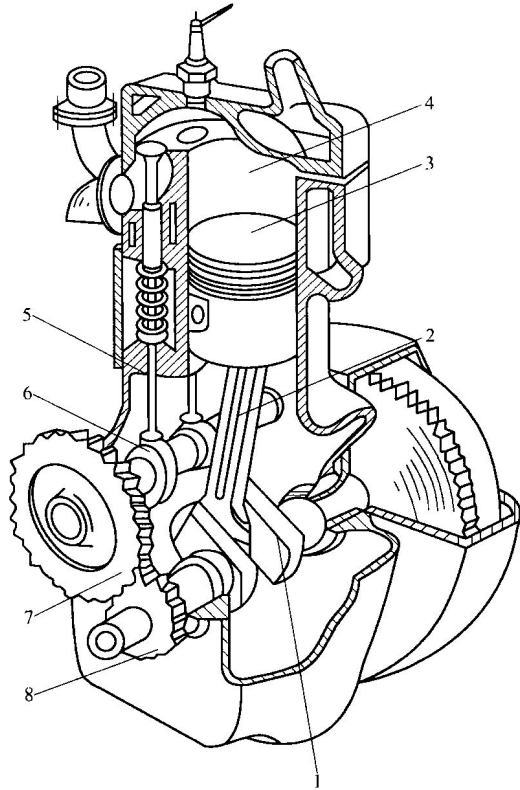


图 1-3 单缸内燃机

1—曲轴；2—连杆；3—活塞；4—缸体；5—阀杆；6—凸轮；7、8—齿轮

### 1.1.2 基本概念

要研究机械，必须首先了解几个基本概念。

(1) 零件：它是机械制造的最小单元，如齿轮、螺钉、轴、凸轮等。一般来说，机械零件可分为两大类：通用零件和专用零件。通用零件是指在各种机器中经常用到的零件，如螺栓、齿轮、轴等；专用零件只出现在某一些特定类型的机械中，如涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨等。

(2) 构件：它是运动的最小单元，可由一个或多个零件所组成。如图 1-4 所示的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3~5、螺栓 6、螺母、开口销等零件所组成。曲轴是只有一个零件的构件。

(3) 部件：它是装配的单元体，如滚动轴承、联轴器和离合器等。

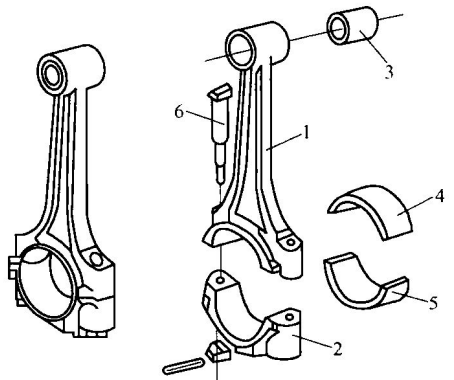


图 1-4 连杆简图

1—连杆体；2—连杆盖；3~5—轴瓦；6—螺栓

## 1.2 本课程的主要内容和任务

### 1.2.1 本课程的主要内容

概括地说,本课程的主要内容包括以下几个方面。

- (1) 常用机构的组成原理、运动分析、动力分析和设计计算。
- (2) 各种联接的设计计算,包括螺纹联接,键、花键联接以及销联接等。
- (3) 各种机械传动的设计计算,包括螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动等。
- (4) 轴系部分的设计计算,包括滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器、轴等。
- (5) 其他部分的设计计算,包括弹簧、减速器等。
- (6) 机械现代设计方法的应用,如优化设计方法、计算机辅助设计等。

综上所述,本课程的主要内容是研究常用机构、通用零件与部件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。

### 1.2.2 本课程的主要任务

机械设计是一门介于基础课和专业课之间的主干技术基础课。学习本课程不但可以使學生掌握机械设计的基本理论、基本知识和基本技能,而且也可以为以后有关专业课程的学习打下必要的理论基础。因此,这是一门在教学中起着承上启下作用的课程。

通过本课程的课堂教学、课程设计和实验等教学环节,学生应达到以下目标。

- (1) 具有正确的设计思想及勇于创新探索、实事求是、团结协作、艰苦奋斗的精神。
- (2) 掌握常用机构的工作原理、运动特点,学会正确选用满足生产需要的机构及其组合。
- (3) 掌握机械设计的基本理论、基本知识和基本技能,具有分析和设计常用机构、通用零部件和一般机器的能力;初步具有确定机械运动方案的能力。
- (4) 具有使用各种技术资料的能力,如运用标准、规范等,以及掌握正确查阅手册、图册的方法。
- (5) 掌握典型机械零件的实验方法,获得实验技能的基本训练。
- (6) 具有维护管理和使用机械设备的基本常识。

## 1.3 机械设计的基本要求与设计准则

### 1.3.1 对机械设计的基本要求

尽管机械的种类繁多,用途、结构和性能各不相同,但设计的基本要求大致相同,其基本要求如下。

(1) 使用功能要求。人们是为了满足生产和生活上的需要才设计和制造各种各样机械的,因此,机械必具有预定的使用功能。这主要靠正确地选择机械的工作原理,正确地设计

或选用原动机、传动机构和执行机构，以及合理配置辅助系统来保证。

(2) 可靠性要求。可靠性要求是指在规定的使用时间（寿命）内和预定的环境条件下，机械能够正常工作的一定概率。机械的可靠性是机械的一种固有属性，机械出厂时已经存在的可靠性称为该机械的固有可靠性；考虑到人为的因素，已出厂的机械在工作中正确地完成预定功能的概率称为该机械的使用可靠性。作为机械设计者，当然对机械的可靠性要起到决定性的作用。

(3) 制造工艺和经济性要求。在满足使用要求的前提下，还要使机械结构简单、加工容易、便于维护，即具有良好的加工工艺性和装配工艺性。这样就可以降低机械设计和制造的成本，使产品质优价廉，具有较强的市场竞争力。

(4) 通用性要求。即满足标准化、通用化、系列化的要求。我国现行的标准分为国家标准（GB）、专业标准和行业标准。目前我国已经加入了 WTO，在设计中尽可能采用国际 ISO 统一标准，为产品打入国际市场创造良好的条件。

(5) 其他特殊要求。对不同的用户，设计的机械产品还应满足一些特殊的要求。例如，对飞机有质量轻、飞行阻力小而运载能力大的要求；对流动使用的机器（如钻探机械）有便于安装和拆卸的要求；对大型机器有便于运输的要求等。

### 1.3.2 机械零件的设计准则

机械零件是组成机器的基本要素。为了保证零件能安全、可靠地工作，在进行设计工作之前，首先应确定其相应的设计准则。在此，需要理解“失效”的概念。机械零件丧失工作能力或达不到工作能力时称之为失效，失效并不单纯意味着破坏。工程中常见的零件失效形式有：断裂、疲劳破坏、过大的塑性变形、过度磨损和腐蚀等。机械零件的设计准则，就是根据零件的失效形式做出原因分析，并根据失效的原因进行强度或刚度等相关方面的设计计算，以保证机械零件在使用期限内不失效。一般来说，机械零件的设计准则主要有下述几种。

#### 1. 强度准则

强度准则是指零件在载荷作用下所产生的最大工作应力不得超过其材料的许用应力，代表性的表达式为

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

式中： $\sigma_{\max}$ ——零件的最大工作正应力；

$[\sigma]$ ——零件材料的许用正应力。

#### 2. 刚度准则

刚度准则是指零件在载荷作用下所产生的最大弹性变形量不得超过其相应的许用值，代表性的表达式为

$$y_{\max} \leq [y] \quad (1-2)$$

式中： $y_{\max}$ ——零件所产生的最大挠度；

$[y]$ ——零件的许用挠度。

#### 3. 寿命准则

工程上，影响机械零件寿命的主要因素是磨损、腐蚀和疲劳。由于它们是3个不同范畴的问题，所以它们各自发展过程的规律也就不同。迄今为止，还没有提出实用有效的腐蚀寿命计

算方法,因而也无法列出腐蚀的设计准则。关于磨损的计算方法,由于影响因素十分复杂,至今还未完全搞清其产生的机理,所以尚无可靠的、精确的定量计算公式,本书不拟讨论。关于疲劳寿命,通常是通过试验求出使用寿命时的疲劳极限或额定载荷来作为设计计算的依据。

#### 4. 振动稳定性准则

在设计时,要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,以免发生共振。其表达式为

$$f_p \leq 0.85f \text{ 或 } f_p > 1.15f \quad (1-3)$$

式中:  $f$  ——零件的固有频率;

$f_p$  ——激振源的频率。

#### 5. 可靠性准则

如有一大批某种零件,其件数的总和为  $N_0$ , 在一定的工作条件下进行试验,如在  $t$  时间后仍有  $N$  件零件能正常工作,则此零件在该工作条件下工作  $t$  时间内的可靠度  $R$  可表示为

$$R = \frac{N}{N_0} \quad (1-4)$$

很显然,随着试验时间  $t$  不断延长,  $N$  不断地减小,可靠度  $R$  也将随之改变。也就是说,零件的可靠度  $R$  本身是时间的函数。

在工程上,零件的可靠性也可以用平均寿命来表示。所谓平均寿命是指一大批零件在失效前平均工作的时间。

## 1.4 机械设计的方法和一般步骤

### 1.4.1 机械设计的方法

一般来说,机械设计的方法可分为传统设计方法和现代设计方法(见本章 1.5 节的内容),其中传统设计方法有以下 3 种。

#### 1. 理论设计

根据长期研究与实践总结出来的传统设计理论和实验数据所进行的设计,称为理论设计。理论设计的计算过程又分为设计计算和校核计算。前者是指按照已知的载荷情况及零件的材料特性等,运用一定的理论公式设计零件尺寸和形状的计算过程,如齿轮强度的设计计算;后者是指先根据类比法、实验法以及其他方法等初步定出零件的尺寸和形状,然后再用理论公式进行精确校核的计算过程,如转轴强度的校核计算。由于理论设计可得到比较精确而可靠的结果,故重要的零部件通常采用这种设计方法。

#### 2. 经验设计

根据经验公式或设计者本人的经验用类比法所进行的设计,称为经验设计。对一些次要零件,如受力不大的螺钉、螺栓等;或者对于一些理论上不够成熟或虽有理论但没有必要用复杂、高级的理论设计的零部件,如机架、箱体等,通常采用经验设计方法。

### 3. 模型实验设计

把初步设计的零部件或机器制成小模型或小尺寸样机, 经过实验手段对其各方面的特性进行检验, 再根据实验结果对原设计进行逐步地修改, 从而获得尽可能完善的设计结果, 这样的设计过程称为模型实验设计。一些尺寸巨大、结构复杂而又十分重要的零部件, 如飞机的机身、新型舰船的船体等, 都需采用这种设计方法。

## 1.4.2 机械设计的一般步骤

### 1. 拟订设计任务书

这是设计工作必要的前提和准备, 只有在充分调查研究和分析的基础上, 才能拟订出合适可行的设计任务书。设计任务书大体上应包括: 机械的功能, 技术经济指标, 主要参考资料或样机, 制造技术关键, 必要的试验项目等。

### 2. 方案设计

方案设计的主要内容有: 拟定执行机构方案和传动系统方案, 设计传动系统的有关尺寸并进行传动系统的运动、动力分析, 最后确定机械的总体布局并绘制出机械传动简图等。

### 3. 技术设计

技术设计的主要内容有: 绘制出正式的机械总装配图、部件装配图和零件工作图等。

### 4. 编制技术文件

需编制的技术文件有: 机械设计计算说明书, 使用说明书, 标准件明细表及易损件(或备用件)清单等。

实际设计工作中, 上述设计步骤往往是相互交叉或相互平行的, 并不是一成不变的。例如, 计算和绘图、装配图和零件图绘制等, 就常常是相互交叉、互为补充的。此外, 从产品设计开发的全过程来看, 完成上述设计工作后, 接着是样机试制, 这一过程中随时都会因工艺原因修改原设计。甚至在产品推向市场一段时间后, 还会根据用户反馈意见修改原设计或进行改型设计。但这些设计工作毕竟是属于另一层次的设计工作, 机械设计的主要内容与步骤则仍然是以上介绍的四大部分。当然, 作为一个合格的设计工作者, 完全应该将自己的设计视野延伸到制造和使用的全过程, 只有这样才能不断改进设计并提高机器质量。

## 1.5 机械现代设计方法简介

机械现代设计方法是伴随着现代科学技术的发展、社会的进步、生产力的高速增长而产生的。在设计中吸收当代各种先进的科学方法, 逐渐形成了一门多元化的新兴交叉科学体系。与传统设计相比, 它具有创造性、探究性、优化性、综合性等特点, 它的形成使机械设计领域产生了突破性的变革。目前机械现代设计方法较多, 下面就较常用的方法加以简要介绍。

### 1. 优化设计方法

优化设计是指根据最优化原理, 建立数学模型, 采用最优化数学方法, 以人一机配合方式或自动搜索方式, 在计算机上应用计算程序进行半自动或自动设计, 选出工程设计中最佳设计方案的一种现代设计方法。近些年来, 优化设计还与可靠性设计、模糊设计等其他一些设计方法结合起来, 形成了可靠性优化设计、模糊优化设计等一些新的优化设计方法。



## 2. 计算机辅助设计

计算机辅助设计简称 CAD, 它是利用计算机运算快速准确、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理, 并通过人一机对话形式完成机械产品设计工作的一种设计方法。一个完备的 CAD 系统, 由科学计算、图形系统和数据库三方面组成。它与计算机辅助制造 (CAM) 相结合可形成 CAD/CAM 系统。

## 3. 机械可靠性设计

机械可靠性设计是将概率论、数理统计、失效物理和机械学相结合而形成的一种设计方法。其主要特点是将传统设计方法中视为单值而实际上具有多值性的设计变量 (如载荷、应力、寿命等) 看成服从某种分布规律的随机变量, 用概率统计方法设计出符合机械产品可靠性指标要求的零部件和整机的主要参数和结构尺寸。

## 4. 机械系统设计

机械系统设计是应用系统的观点进行机械产品设计的一种方法。一般传统设计只注重机械内部系统设计, 且以改善零部件的特性为重点, 对于各零部件之间、内部与外部系统之间的相互作用和影响考虑较少。机械系统设计则遵循系统的观点, 研究内、外系统和各子系统之间的相互关系, 通过各子系统的协调工作, 取长补短, 从而实现整个系统最佳的总功能。

## 5. 机械动态设计

机械动态设计是根据机械产品的动载工况, 以及对该产品提出的动态性能要求与设计准则, 按动力学方法进行分析计算、优化与试验, 并反复进行的一种设计方法。该方法的基本思路是: 把机械产品看成是一个内部情况不明的黑箱, 通过外部观察, 根据其功能对黑箱与周围不同的信息联系进行分析, 求出机械产品的动态特性参数, 再进一步寻求它们的机理和结构。

## 6. 有限单元法

有限单元法是指将连续的介质 (如零件、结构等) 看作由在有限个节点处联接起来的有限个小块 (称为元素) 所组成, 然后对每个元素通过取定的插值函数, 将其内部每一点的位移 (或应力) 用元素节点的位移 (或应力) 来表示, 随后根据介质整体的协调关系, 建立包括所有节点的这些未知量的联立方程组, 最后用计算机求解该联立方程组, 以获得所需的解答。当元素足够“小”时, 可以得到十分精确的解答。

以上简介了目前几种常用的设计方法, 除此之外, 还会遇到其他一些现代设计方法, 例如, 机械并行设计、机械模糊设计、价值分析设计、模块化设计和人一机学设计等。随着科学技术的发展和社会的不断进步, 新的现代设计方法将不断涌现。

## 小 结

本章主要内容有以下几点。

1. 机械设计的研究对象: 机械及机械零部件。
2. 基本概念: 机器与机构, 零件与构件, 部件等。
3. 机械零件的设计准则主要包括强度、刚度、寿命、振动稳定性和可靠性等几个方面的准则。
4. 机械设计方法可分为传统设计方法和现代设计方法两大类。