

21世纪应用型本科人才培养规划教材



# 机械原理及 机械设计

JIXIEYUANLIJIXIESHEJI

下册

主编/诸文俊 钟发祥



西北大学出版社  
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

21世纪应用型本科人才培养规划教材

# 机械原理及机械设计

JIXIEYUANLIJIJIXIESHEJI

下册

主 编

诸文俊 钟发祥

副主编

温正忠 郭瑞峰 刘光磊

参 编

史艳莉 王引卫 李文燕 任晓莉

西北大学出版社

## 内容简介

全书分上、下册,除绪论外共21章。上册第1~9章为机械原理部分,内容包括平面机构的结构分析,平面机构的运动分析,平面机构的力分析,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系及其设计,间歇运动机构,机械的平衡与速度波动调节;下册第10~21章为机械设计部分,内容包括机械零件设计概述,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滑动轴承,滚动轴承,联轴器、离合器和制动器,螺纹联结和螺旋传动,弹簧,机械系统设计综述。

本书主要作为应用型本科机械类专业机械原理、机械设计课程的教材。鉴于本书内容的深度和难度有一定的层次和可选性,也可作为应用型本科近机类和非机类专业机械设计基础课程选用教材,还可作为高职高专或成人教育和自学考试教材,以及供工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械原理及机械设计 / 诸文俊, 钟发祥主编. —西安: 西北大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5604-2637-2

I. 机… II. ①诸… ②钟… III. ①机构学 ②机械设计 IV. TH111 TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第149422号

## 机械原理及机械设计 (下册)

主 编: 诸文俊 钟发祥  
出版发行: 西北大学出版社  
地 址: 西安市太白北路229号  
邮 编: 710069  
电 话: 029-88305287  
经 销: 全国新华书店  
印 装: 陕西信亚印务有限公司  
开 本: 787毫米×1092毫米 1/16  
印 张: 33.75  
字 数: 750千  
版 次: 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷  
书 号: ISBN 978-7-5604-2637-2  
定 价: 52.00元(上下册)

## 前言

本教材是在陕西省教育厅领导和组织下,为机械类及相关专业应用型本科规划而编写的。编者力图在本书编写中能体现以下一些理念与特点:

考虑到机械类专业“机械原理”“机械设计”多为分别设课和讲授,本书的内容是按这两门课程对机械类专业学生培养的基本要求进行设置,并从机械类应用型本科人才培养的实际出发,按照“必需”“够用”的原则,在内容的取舍及深度、难度的把握上进行了尝试。

考虑各参编院校既有机械类专业,又有近机类、非机类专业,为适应不同专业对本课程教学的需要,各章、节内容的结构组成上力求体现广度、深度和难度的层次性和可选性,既有必讲的基本内容,又有选讲的内容和可供学生课后自学或选修的内容。

各章内容应用型特色的体现是本书编写的难点,编者从以下几方面作了努力和探索:

(1) 每章开头设内容提要,点明与本章有联系的知识 and 背景,给出本章讨论的主要问题和思路;

(2) 各章内容的表述重在分析和解决问题的思路,适当简化或省略理论推导,对必要的理论推导亦可作为选讲或学生选学、自学的内容;

(3) 教材主体内容在阐述机械设计基本理论、基本知识和基本方法的同时,注重体现知识的应用,适当增加了例题(尤其是传动设计命题),给学生运用知识分析和解决实际问题提供示范,加深对所学理论与知识的理解,为课程设计和工程实践打基础;习题的设计与例题及章节各层次的内容相对应,适当增多了题量和题型(考虑少数考研学生的需要,也安排个别有一定难度的题),以增加学生实践练习的机会和教师教学中选择的余地;

(4) 每章设本章小结,总结本章的主要内容及主要结论,提炼本章中重要的思想方法和知识点,帮助、指导学生复习和总结;

(5) 附有较丰富的思考题,与课程内容相呼应,引导学生学会运用所学的理论知识去分析问题;思考题有一定难度和思考余地,有利于学生加深对书本理论和知识的理解,并将知识升华为分析和解决问题的能力。

本书虽然分为上、下册,但整体内容仍是以机械设计基本理论及方法为主线,以常用机构和典型机械传动的设计为主导和纽带贯穿起来的。通过对常用机构和通用零件的运动设计、强度设计和结构设计等的研究,论述和融汇机械设计的一般规律及其基本理论及基本方法。为增强学生机械设计的整体观念,编写了机械系统设计综述。

此外,为帮助学生尽快适应从理论性课程学习到实践性、设计性课程的学习,本书绪论中介绍了本课程的特点与学习方法,也是笔者长期教学实践的体会与总结。

参加本书编写工作的有:西安交通大学城市学院诸文俊(绪论,第4、5、10章),诸文俊、史艳莉(第1、6、13章),温正忠、任晓莉(第16、17、19章),温正忠(21章);西京学院钟发祥(第11、12、20章),王引卫(第14章);西安建筑科技大学华清学院郭瑞峰(第7、8、9章);西北工业大学明德学院刘光磊(第2、3章),李文燕(第15、18章),并由诸文俊、钟发祥担任主编,温正忠、郭瑞峰、刘光磊担任副主编。

由于编者水平有限,时间仓促,疏漏、错误之处在所难免,敬请读者批评、指正。

编 者

2009年8月

# 目录

第 10 章 机械零件设计概述 .....	/215
10.1 机械零件设计的准则和一般步骤 .....	/215
10.2 机械零件的常用材料及其选择 .....	/218
10.3 机械零件的结构工艺性和标准化 .....	/222
思考题 .....	/224
第 11 章 带传动 .....	/225
11.1 概述 .....	/225
11.2 带传动的工作能力和设计准则 .....	/226
11.3 V 胶带的标准和许用功率 .....	/230
11.4 V 胶带传动的设计计算 .....	/234
11.5 带轮 .....	/238
11.6 V 胶带传动的张紧和防护 .....	/ 242
11.7 同步齿形带传动简介 .....	/243
本章小结 .....	/244
思考题 .....	/245
习 题 .....	/245
第 12 章 链传动 .....	/246
12.1 概述 .....	/246
12.2 滚子链和链轮 .....	/247
12.3 滚子链传动的运动及受力分析 .....	/249
12.4 滚子链传动的设计计算 .....	/252
12.5 链传动的布置、张紧和润滑 .....	/257
本章小结 .....	/259

思考题 .....	/260
习 题 .....	/260
<b>第 13 章 齿轮传动</b> .....	<b>/261</b>
13.1 齿轮传动的失效形式及设计计算准则 .....	/261
13.2 齿轮材料 .....	/264
* 13.3 齿轮传动的精度 .....	/266
13.4 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	/266
13.5 直齿圆柱齿轮传动的设计计算 .....	/279
13.6 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	/284
13.7 直齿圆锥齿轮传动的强度计算( $\Sigma = 90^\circ$ ) .....	/295
13.8 齿轮的结构 .....	/300
本章小结 .....	/302
思考题 .....	/304
习 题 .....	/304
<b>第 14 章 蜗杆传动</b> .....	<b>/307</b>
14.1 概述 .....	/307
14.2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸 .....	/308
14.3 蜗杆传动的工作情况分析 .....	/311
14.4 蜗杆传动的失效形式和材料选择 .....	/313
14.5 蜗杆传动设计 .....	/313
本章小结 .....	/317
思考题 .....	/318
习 题 .....	/318

# 目录

<b>第 15 章 轴</b> .....	/319
15.1 概述 .....	/319
15.2 轴的材料 .....	/321
15.3 轴的结构设计 .....	/324
15.4 轴的工作能力计算 .....	/335
15.5 轴毂连接 .....	/345
本章小结 .....	/352
思考题 .....	/353
习 题 .....	/354
<b>第 16 章 滑动轴承</b> .....	/356
16.1 机械中的摩擦、磨损与润滑 .....	/356
16.2 滑动轴承概述 .....	/361
16.3 滑动轴承的结构型式与润滑方法 .....	/361
16.4 滑动轴承的材料 .....	/368
16.5 非液体润滑滑动轴承的设计计算 .....	/372
* 16.6 液体动压径向滑动轴承的设计概要 .....	/376
* 16.7 其他轴承简介 .....	/384
本章小结 .....	/386
思考题 .....	/386
习 题 .....	/387
<b>第 17 章 滚动轴承</b> .....	/388
17.1 滚动轴承的特点、结构及应用 .....	/388
17.2 滚动轴承的主要类型、代号及选用 .....	/389

17.3 滚动轴承的设计计算 .....	/395
17.4 滚动轴承的组合设计 .....	/407
本章小结 .....	/416
思考题 .....	/417
习 题 .....	/417
<b>第 18 章 联轴器、离合器和制动器</b> .....	<b>/419</b>
18.1 概述 .....	/419
18.2 联轴器 .....	/419
18.3 离合器 .....	/430
* 18.4 制动器 .....	/435
本章小结 .....	/436
思考题 .....	/436
习 题 .....	/436
<b>第 19 章 螺纹联接和螺旋传动</b> .....	<b>/437</b>
19.1 螺纹的基本知识 .....	/437
19.2 螺纹联接和标准联接件 .....	/441
19.3 螺纹联接的预紧与防松 .....	/444
19.4 螺栓组联接的结构设计及受力分析 .....	/447
19.5 单个螺栓联接的强度计算 .....	/453
19.6 提高螺栓联接强度的措施 .....	/465
* 19.7 螺旋传动 .....	/468
本章小结 .....	/476
思考题 .....	/477
习 题 .....	/478

# 目录

第 20 章 弹簧 .....	/480
20.1 弹簧的功用和类型 .....	/480
20.2 弹簧的制造、材料和许用应力 .....	/481
20.3 圆柱螺旋拉伸和弹簧的设计计算 .....	/483
20.4 螺旋扭转弹簧和碟形弹簧简介 .....	/492
本章小结 .....	/494
思考题 .....	/494
习 题 .....	/494
第 21 章 机械系统设计综述 .....	/496
21.1 机械系统的构成及其设计的基本要求和一般步骤 .....	/496
21.2 机械系统方案设计——拟定工作原理 .....	/500
21.3 执行机构的设计 .....	/501
21.4 机构组合简介 .....	/505
21.5 原动机的选择 .....	/507
21.6 传动装置的设计与减速器 .....	/509
本章小结 .....	/515
思考题 .....	/515
习 题 .....	/516
参考文献 .....	/517

## 第10章 机械零件设计概述

本章从机械设计基本要求出发,介绍了机械零件设计中的一些基本知识,如机械零件设计的基本准则和一般步骤、机械零件的常用材料及选择、机械零件的结构工艺性和标准化等。这些基本知识是机械零件设计的共性问题 and 应遵从的规范。

### 10.1 机械零件设计的准则和一般步骤

#### 10.1.1 机械零件设计应遵循的基本准则

零件是组成机械的制造单元体。为了保证机械满足功能、可靠性、安全性等基本要求,防止因个别零件的失效而影响整部机器正常工作,设计机械零件时应遵循下面一些基本准则。这些基本准则主要有:强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等。

##### 1. 强度准则

强度是零件抵抗破裂及塑性变形的能力。满足强度准则就是保证零件在使用期限内既不发生任何形式的破裂(表面疲劳、压溃、整体断裂等),也不产生超过容许的塑性变形,防止因零件强度不足而影响机械正常工作或导致严重事故。

强度准则可表达为下面的强度判定条件:

对简单应力状态

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \\ \tau &\leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S} \end{aligned} \right\} \quad (10-1)$$

对复杂应力状态

$$\sigma_{\text{eq}} \leq [\sigma] \quad (10-2)$$

式中  $\sigma, \tau$ ——零件的工作应力;

$\sigma_{\text{eq}}$ ——零件在复杂应力状态下的当量应力;

$[\sigma], [\tau]$ ——零件的许用应力;



$\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ ——零件材料的极限应力;  
 $S$ ——安全系数。

## 2. 刚度准则

刚度是零件抵抗弹性变形的能力。满足刚度准则就是要保证零件工作时的弹性变形量不超过容许的限度,避免零件因刚度不足失去正常几何形状和正确位置而影响机械的使用性能。例如机床床身的工作应力远远低于其材料的强度极限,床身的基本尺寸和形状是由具有足够刚度这一准则来确定的,以保证机床加工零件的精度。

刚度准则可表达为下面的刚度判定条件:

$$y \leq [y] \quad (10-3)$$

$$\varphi \leq [\varphi] \quad (10-4)$$

式中  $y, \varphi$ ——零件工作时的线变形量(伸长、挠度等)和角变形量(偏转角、扭转角);

$[y], [\varphi]$ ——零件的许用线变形量和许用角变形量。

## 3. 耐磨性准则

耐磨性是零件在工作中抵抗各种磨损的能力。满足耐磨性准则就是要保证零件在规定寿命期间内摩擦表面因磨损产生的尺寸和形状的改变量不超过容许的限度。不致因过度磨损造成零件强度不足或机器精度丧失而过早报废。例如轮齿表面应具有足够的耐磨性,以防过度磨损破坏传动的平稳性和造成轮齿的折断。机床主轴与轴承、刀架与导轨接触表面也必须具有良好的耐磨性,以保证机床在使用期限内的旋转精度和加工精度。

影响磨损的因素很多。机理复杂,目前尚无完善的计算方法,设计中通常采用下面的条件性计算准则:

$$p \leq [p] \quad (10-5)$$

$$pv \leq [pv] \quad (10-6)$$

式中  $p, pv$ ——摩擦面间的比压和比压与相对滑动速度的乘积;

$[p], [pv]$ ——许用比压和许用值。

即通过限制摩擦面单位面积上的压力和摩擦功耗来控制零件磨损率,保证其足够的磨损寿命。此外,还需合理选择摩擦副材料、改善润滑状态、进行表面耐磨处理等,力求提高零件的耐磨性,减少磨损。

## 4. 振动稳定性准则

振动稳定性是机器及其零部件在工作时不发生超过容许的振动的性能。满足振动稳定性准则就是要避免零件或系统的自振频率  $f$  与周期性干扰力频率  $f_p$  相等或接近,以免发生共振和因之而导致的零件甚至整个系统的破坏。其判定条件为

$$f_p < 0.85f \quad (10-7)$$

或

$$f_p > 1.15f \quad (10-8)$$

对高速旋转机械中的回转零件,如汽轮机、发电机的轴和转子及相关的系统,必须进行振动稳定性的验算。即计算它们产生破坏性振动的临界转速。看其是否远离机械的工作转速或能否被安全地越过,并据此采取相应的防振、减振措施来提高机械及其零件的振动稳

定性。

设计机械零件时,除应遵循上述的基本准则外。对某些在特殊条件下工作的机械或具有自身特点的机械,还应满足一些相应的准则。例如,对于在高温下工作或受腐蚀性介质侵蚀的机械,应考虑其有关零件的耐热性和耐腐蚀性;对摩擦传动,其有关零件间应满足不打滑等等。

机械零件丧失规定功能的现象称为失效。零件在预定期限内不发生失效的极限工作指标称为工作能力。上述的机械零件设计应遵循的基本准则实质是保证零件抵抗各种失效、保持正常工作能力的基本条件。因此,又常常将强度、刚度、耐磨性、振动稳定性等统称为零件的工作能力。当零件的失效取决于载荷原因时,零件的工作能力称为承载能力。

零件的工作(承载)能力最终是由上述基本准则的判定条件决定的。例如轴的失效可能是因疲劳强度不足而断裂,也可能是因刚度不够而产生过大的弹性变形。前一种情况下,轴的承载能力决定于强度判定条件(见式(10-1)、式(10-2));而后一种情况则决定于刚度判定条件(见式(10-3)、式(10-4))。显然,最终的承载能力应是两者中的较小值。

设计机械零件时,并不需要对强度、刚度、耐磨性等一一计算,而是常根据可能发生的主要失效形式来确定其设计的准则,运用相应的判定条件进行计算来决定零件的基本尺寸和形状,必要时再对其他准则的判定条件进行校核。

### 10.1.2 机械零件设计的一般步骤

零件的设计与机械整体的设计不可分割,也没有固定不变的程序,一般常按下列步骤进行:

- 1) 根据零件的使用要求选择零件的类型;
- 2) 根据零件的工作(运动和受力)情况计算作用在零件上的载荷,分析零件中的应力状态和性质;
- 3) 根据零件的使用、工艺和经济等要求选择零件的材料及热处理方法;
- 4) 根据零件可能发生的主要失效形式确定零件的设计准则,运用相应的判定条件计算零件的主要尺寸;
- 5) 根据零件的作用和制造、装配工艺等要求进行零件的结构设计;
- 6) 绘制零件工作图并标注必要的技术条件。

根据设计过程的不同,机械零件的计算分为设计计算和校核计算。设计计算是根据零件承受的载荷,运用由相应准则的判定条件决定的设计公式,计算出零件的基本尺寸;然后根据功能、强度、刚度、工艺等要求和尺寸协调原则,使零件结构具体化。校核计算则是先参照已有实物、图纸、经验数据、规范或近似计算,初步拟定零件的形状和尺寸;然后校核是否满足由相应准则判定条件决定的验算公式

设计计算多用于能通过简单的力学模型进行设计的零件;校核计算则多用于零件的结构复杂、应力分布也较复杂、计算数据往往须在零件的结构和尺寸已知时才能决定的场合。

顺便指出,一般机械中,只有一部分零件是通过计算确定其主要尺寸的,而其余零件则是仅根据结构和工艺要求进行设计的。应该强调,结构设计是机械零件设计十分重要的内



容,关系到零件的制造、装配工艺性和零件的使用性能,必须给予足够的重视。

## 10.2 机械零件的常用材料及其选择

### 10.2.1 机械零件的常用材料

机械零件最常用的材料是钢和铸铁,其次是有色金属和一些非金属材料。

#### 1. 钢

钢是含碳量低于2%的铁碳合金,其强度较高,塑性、韧性和可加工性较好,制造零件时可以进行轧制、锻造、冲压、铸造或焊接。并能用热处理方法提高力学性能或改善加工性能(参见表10-4),应用最为广泛。

钢的品种繁多,常用于制造机械零件的钢种有:

#### (1) (普通) 碳素结构钢(GB/T 700—1988)

这类钢一般只保证力学性能而不保证化学成分,通常都不经热处理而在供应状态下直接应用,常用于制造受载不大或不重要的零件。材料牌号用Q加数字表示,例如Q235、Q255等。其中“Q”为屈服点“屈”字的汉语拼音字首,数字表示屈服点数值( $N/mm^2$ )。

#### (2) 优质碳素结构钢(GB/T 699—1999)

这类钢既保证力学性能,又保证化学成分,质量较高,常用于制造受载较大或较重要的零件,一般都要进行热处理。材料牌号以钢中含碳量的万分数表示,如15、20、25、45号钢等。若含锰量较高(0.7%~1.2%),则须将锰元素标出,如45Mn等。

碳素钢的性能主要取决于含碳量,含碳量越高,强度和硬度就越高,塑性和韧性则越低。含碳量低于和等于0.25%的低碳钢,其强度较低,但塑性高、可焊性良好,适用于制造冲压零件和焊接零件,也可用来制造要求表面硬而耐磨、芯部韧而耐冲击的渗碳零件;含碳量在0.3%~0.5%的中碳钢,其综合力学性能较好,即既有较高的强度,又有较好的塑性和韧性,常用于制造承受中等的冲击载荷或变载荷的零件;含碳量在0.55%~0.7%的高碳钢,热处理后有高的强度、硬度和弹性,可用来制造强度、耐磨性要求高的零件及弹性零件。

#### (3) 合金结构钢(GB/T 3077—1999)

这类钢是在优质碳钢的基础上,根据不同要求添加一种或几种合金元素如铬、锰、硅、镍、钼、钒、钛等,提高了钢的强度、硬度、韧性、耐磨性及淬透性等,可用于制造受载大、工况复杂、可热处理性要求高的重要零件。应当注意,各种合金元素对钢各种性能的作用效果不仅取决于合金元素的性质及含量,而且在更大程度上取决于恰当的热处理。

合金结构钢的牌号用数字加合金元素加数字表示。开头的数字表示钢的平均含碳量的万分数,合金元素以汉字或化学符号表示,其后的数字表示该元素平均含量的百分数,如35SiMn即表示含碳量约为0.35%、含硅和锰各约1%的硅锰钢。

#### (4) 铸钢

铸钢的力学性能略低于同牌号的锻钢,主要用于制造承受重载的大型铸造零件。与铸铁相比,铸钢熔点高、液态流动性差、铸造收缩率大,因而铸钢件的壁厚尺寸、连接处圆角和

过渡尺寸均应比铸铁件稍大。

铸钢分一般工程用碳素铸钢(GB1152—1989)和合金结构铸钢(JB/ZQ4297—1986)。碳素铸钢牌号用ZG加两项数字表示,如ZG310-570(原牌号为ZG45),其中“ZG”为“铸钢”二字汉语拼音字首,后面两项数字,前者为屈服强度( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),后者为抗拉强( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),合金结构铸钢牌号前则以合金结构钢牌号前冠以“ZG”来表示,如ZG35SiMn等。

表 10-1 钢的常用热处理方法及其应用

名称	说明	应用
退火(焖火)	退火是将钢件(或钢坯)加热到临界温度以上30~50℃保温一段时间,然后再缓慢地冷下来(一般用炉冷)	用来消除铸、锻、焊零件的内应力。降低硬度,使之易于切削加工,并细化金属晶粒,改善组织,增加韧性
正火(正常化)	正火也是将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后用空气冷却,冷却速度比退火快	用来处理低碳和中碳结构钢件及渗碳零件,使其组织细化。增加强度与韧性,减小内应力,改善切削性能
淬火	淬火是将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后在水、盐水或油中(个别材料在空气中)急冷下来	用来提高钢件的硬度和强度极限。但淬火时会引起内应力使钢变脆,所以淬火后必须回火
回火	回火是将淬硬的钢件加热到临界点以下的温度,保温一段时间,然后在空气中或油中冷却下来	用来消除淬火后的脆性和内应力,提高钢件的塑性和冲击韧性
调质	淬火后高温回火,称为调质	用来使钢件获得高的韧性和足够的强度。很多重要零件是经过调质处理的
表面淬火	使零件表层有高的硬度和耐磨性。而芯部保持原有的强度和韧性的热处理方法	表面淬火常用来处理齿轮、花键等零件
渗碳	将低碳钢或低碳合金钢零件,置于渗碳剂中,加热到900~950℃保温,使碳原子渗入钢件的表面层,然后再淬火和回火	增加钢件的表面硬度和耐磨性,而其芯部仍保持较好的塑性和冲击韧性。多用于重载冲击、耐磨零件

## 2. 铸铁

铸铁是含碳量大于2%的铁碳合金。其抗拉强度、塑性、韧性低,不能进行辗压和锻造,属脆性材料,但具有良好的铸造性、切削性、耐磨性及减振性,且价廉易得,是机械制造中用量最多的金属材料。常用的铸铁有:

### (1) 灰铸铁(GB 9493—1988)

这种铸铁是最具上述特点和应用最广的铸铁。灰铸铁中的碳以片状石墨形态存在,因断口呈灰色而命名。其抗压强度与抗拉强度之比约为4:1,常用于制造受压的基础零件或形状复杂、对机械性能要求较低的零件,如机架、箱体、飞轮、带轮、轴承座等。牌号以HT加数字来表示,如HT200、HT300等,其中“HT”为“灰铁”两字汉语拼音字首,数字表示最低抗拉强度 $\sigma_b$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。



## (2) 球墨铸铁(GB 1348—1988)

这种铸铁因铁中的碳以球状石墨形态存在而命名。球墨铸铁既具有灰铸铁的优点,又具有与钢接近的强度、塑性和韧性,还可以通过合金化及热处理来进一步提高其力学性能,常用来代替钢制造负荷较大、受力较复杂的零件,如曲轴、连杆、凸轮轴、齿轮等。但球墨铸铁铸造收缩率大,对熔炼和铸造工艺的要求较高。牌号以QT加两项数字表示,如QT400-15、QT450-10等,其中“QT”为“球铁”二字汉语拼音字首,两项数字中前项表示最低抗拉强度 $\sigma_b$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),后项表示最低伸长率 $\delta$ (%)。

## 3. 有色金属

通常称铁及其合金为黑色金属,而称非铁金属及其合金为有色金属。用于制造机械零件的有色金属多为其合金,常用的有:

### (1) 铜合金

铜合金是以铜为基体的合金。按其化学成分主要有黄铜和青铜两大类。黄铜是以锌为主要合金元素的铜合金;青铜是锌以外元素为主要合金元素的铜合金,依主要加入元素分为锡青铜、铝青铜、铍青铜、硅青铜等。铜合金具有良好的机械性能和加工性能,尤有良好的减摩、耐磨、抗蚀、传热和导电等性能,用途十分广泛,常用来制造在摩擦、腐蚀条件下工作的零件,如衬套、轴瓦、蜗轮等。

按生产方式铜合金又分为加工铜合金(GB/T 5231—2001)和铸造铜合金(GB/T 1176—1987),其代号、牌号等可见有关手册。

### (2) 铝合金

铝合金是一种轻金属合金。其品种很多,按生产工艺可分为变形铝合金(GB/T 3190—1996)和铸造铝合金(GB/T 1173—1995)两大类。变形铝合金中以硬铝和锻铝在机械零件制造中应用较多;铸造铝合金则用来制造形状复杂的铝合金零件。铝合金的特点是密度小、比强度(强度/密度)高,有良好的塑性、导电性、导热性、抗大气腐蚀性及加工性能,很适合用来制造要求重量轻而强度高的零件,如飞机零件、内燃机活塞等。

### (3) 轴承合金

轴承合金是指滑动轴承的轴瓦合金,是软硬不同的多相合金,既有适当的强度,又有良好的塑性。按基体分,轴承合金有锡基、铅基、铝基、铜基等数种,前两种称为巴氏合金(GB/T 1174—1992)。巴氏合金是锡、锑、铜或铅、锑、锡、铜等的合金,属软基体型,其机械强度较低,但具有良好的减摩性、跑合性、耐蚀性、导热性及抗胶合性能,是优良的滑动轴承轴衬材料。

## 4. 非金属材料

常用于制造机械零件的非金属材料有:

### (1) 工程塑料

塑料属有机高分子材料,其品种很多,而能用于机械设备和工程结构的称为工程塑料。工程塑料的重量轻、比强度较高(不比金属低)、摩擦因数小,具有良好的减摩性、耐磨性、耐蚀性及绝缘性,且易于加工成型(如可用注塑成型法制成形状复杂、尺寸精确的零件),常用来制造高速轻载低噪声齿轮等受力不大的零件,如衬套、轴承、蜗轮、刹车片等耐磨零件。

## (2) 橡胶

橡胶也是有机高分子材料。其摩擦系数大,富于弹性,有良好的耐磨性、绝缘性和吸振缓冲能力。特种橡胶还具有耐高温、低温、腐蚀、辐射等性能,常用来制造传动带、弹性元件、密封元件、水润滑轴瓦等。

## 5. 其他

### (1) 粉末冶金材料

采用金属和金属化合物粉末作原料,用模具压制成型,再经高温烧结,即成所需的材料或零件。这种方法既是制取金属材料的一种冶金方法,又是制造零件的一种加工方法。粉末冶金材料具有多孔性(可贮油而有自润滑功能)、耐磨性、耐热性、摩擦系数大且稳定等性能与特点,可用来制造衬套、含油轴承、齿轮、凸轮、摩擦片等。

### (2) 复合材料

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料通过不同的工艺方法人工合成的多相材料。其种类很多,目前最常用的是以塑料、橡胶、陶瓷和金属为基体,以粒子、纤维和片状物为增强体组成的各种复合材料。复合材料既保持组成材料的最佳特性,又具有组合后的新特性,这样就可以根据零件对材料性能的要求进行材料设计,从而满足零件使用性能要求和最有效地利用材料。可以说,21世纪将是复合材料的时代。

## 10.2.2 材料选择的基本原则

合理选择零件材料是机械设计中十分重要的问题,通常应考虑以下几方面的要求。

### 1. 使用性能要求

使用性能是选材最主要的依据,它取决于零件的用途和工作条件,包括:①零件受力情况,如载荷的大小、类型、性质及其应力状况;②零件工作环境,如工作温度、环境介质、摩擦条件等;③零件的重要程度及尺寸与质量的限制;④特殊性能要求,如电性能、磁性能、热性能等。选材时,必须在零件工作情况分析和失效分析的基础上明确零件的使用性能要求,由此提出对材料性能(机械性能和物理、化学性能)的要求,进而选出能满足这些要求的材料。

### 2. 工艺性能要求

材料工艺性能对零件加工难易、生产率及成本高低均有重要影响。尤其是大批量生产时,材料工艺性能有可能成为选材的决定因素。例如,大批量生产螺栓、螺母等普通标准件时,为能在自动机床上加工和提高生产率,宜选用切削性能良好的易切结构钢。

对材料工艺性能的要求是由零件制造的加工工艺路线决定的。如加工工艺过程为铸造毛坯—热处理—机械加工—成品零件,其材料应具有相适应的良好铸造性能、热处理性能和机械加工性能。若采用锻造毛坯或焊接毛坯,则所选材料应有良好压力加工性能和焊接性能。

### 3. 经济性要求

选材时应综合考虑材料相对价格、材料利用率、零件加工费用等因素。在满足使用要求的前提下,尽量选用廉价材料、代用材料(如以球墨铸铁代钢,以工程塑料、粉末冶金材料代有色金属材料等);为提高材料利用率和节省工时,对生产批量大的零件,应尽量采用少、无切削工艺(如精铸、精锻、冷锻、摆辗等)和工艺性能与之相适应的材料;采用组合式零件结