



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械设计基础

第七版

陈云飞 卢玉明 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

TH122/129=2

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械设计基础

第七版

陈云飞 卢玉明 主编

高等教育出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/陈云飞,卢玉明主编. —7版. —北京:  
高等教育出版社,2008.5

ISBN 978-7-04-023617-0

I. 机... II. ①陈...②卢... III. 机械设计-  
高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第041667号

策划编辑 卢广 责任编辑 卢广 封面设计 张志奇  
版式设计 王艳红 责任校对 俞声佳 责任印制 陈伟光

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
		网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印 刷	北京市白帆印务有限公司	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
		版 次	1960年9月第1版
开 本	850×1168 1/32		2008年5月第7版
印 张	13.875	印 次	2008年5月第1次印刷
字 数	350 000	定 价	16.10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 23617-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010)58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010)82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100120

**购书请拨打电话：**(010)58581118

## 内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在1998年第六版的基础上,根据目前教学改革发展的要求及广大师生对本书的使用意见修订而成的。

本书主要阐述常用机构和通用机械零件的基本知识、基本理论、设计方法及使用和维护知识与第六版相比,本书增加了现代机械设计理论方法及微机电系统的内容,并对部分章节作了较大的修订。书末附有极限与配合、表面粗糙度、常用连接件及滚动轴承等相关国家标准,以供读者选用。

本书可作为高等学校非机械类各专业65学时左右的机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考和自学。

# 第七版序

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在 1998 年第六版的基础上,根据教育部 2005 年制定的“高等学校机械设计基础课程教学基本要求”修订而成的。

与第六版相比,本次修订在内容上作了更新和增补。对某些叙述较繁琐、较专业化及应用不广的部分酌予删减,增加了现代机械设计理论方法及微机电系统方面的内容,并注意采用新标准、新规范。

和第六版一样,编者仍试图从满足教学基本要求、贯彻少而精原则出发,力求做到精选内容,适当拓宽知识面,反映学科新成就,但深度适中,以期保持本书简明、实用的特色。

本书由陈云飞、卢玉明担任主编,参加编写工作的有东南大学陈云飞(绪论,第一、二、十七章)、卢玉明(第十三、十四、十五、十六章,附录 I 及 II)、陈敏华(第七、八、九、十、十一、十二章)、林晓辉(第三、四、五、六章)。

本版经教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会委员、东南大学钱瑞明教授审阅,在此致以衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,欢迎读者批评指正,并将宝贵意见寄至东南大学机械工程学院。

编者

2007 年 12 月于南京

## 第六版序

本书第六版是为了适应高等学校教学改革的需要,在第五版基础上,根据1995年国家教育委员会审定的高等工业学校《机械设计基础课程教学基本要求》及广大师生对本书的使用意见修订而成的。

本版仍然突出常用机构、机器动力学基本概念,通用机械零件的基本知识、基本理论及基本方法,并增加了平面机构的运动简图和自由度等内容。带传动、链传动、蜗杆传动及滚动轴承等内容作了较大的变动,并采用了最新国家标准。为了便于自学,对重点、难点的叙述更为详尽,并附有必要的例题,以加深对基本内容和基本方法的理解和应用。带“\*”号的内容可视专业需要而取舍。

参加这次修订工作的有:余长庚(第一、十二、十三、十四、十五、十六章,附录Ⅱ及Ⅲ)、卢玉明(第八、九、十、十一章,改写十三、十四章)、郭务仁(第二、三、四、五、六、七章及附录Ⅰ);卢玉明主编。

本版经清华大学吴宗泽教授细心审阅,提出了十分宝贵的意见,谨致以衷心感谢。

限于编者水平,书中不妥之处,欢迎读者批评指正,并将宝贵意见径寄东南大学机械工程系,谢谢。

编者

1997.9于南京

# 主要符号表

$a$	中心距	$n$	转速, 数目
$A$	面积, 功	$P$	功率
$B, b$	宽度	$p$	压强, 节距
$C$	常数, 弹簧指数	$Q$	流量
$c$	系数, 刚度	$R, r$	半径
$D, d$	直径	$S$	安全系数
$d_a$	齿顶圆直径	$s$	位移
$d_f$	齿根圆直径	$T$	转矩
$E$	弹性模量, 变形能	$t$	时间, 温度, 厚度
$e$	偏心距	$u$	齿数比
$F$	力, 载荷	$V$	体积
$F_n$	法向力	$v$	速度
$F_a$	轴向力	$W$	抗弯截面系数
$F_t$	切向力	$W_t$	抗扭剪截面系数
$F_r$	径向力	$x$	坐标
$f$	摩擦系数	$X$	系数
$G$	切变模量	$Y$	系数
$H, h$	高度	$y$	坐标
$I$	轴惯性矩	$z$	坐标
$i$	传动比	$\alpha, \beta, \gamma$	角度
$J$	极惯性矩	$\epsilon$	应变, 重合度
$K, k$	系数	$\eta$	效率
$L, l$	长度	$\nu$	泊松比
$M$	力矩, 弯矩	$\rho$	摩擦角, 曲率半径
$m$	质量, 模数, 指数	$\sigma$	法向应力, 拉应力
$N$	循环次数	$\tau$	切应力



$\sigma_B$  抗拉强度极限  
 $\sigma_b$  弯曲应力  
 $\sigma_p$  挤压应力  
 $\sigma_s$  屈服极限  
 $\sigma_m$  平均应力

$\sigma_{lim}$  极限应力  
 $\theta$  角度  
 $\varphi$  扭转角  
 $\psi$  系数, 角度  
 $\omega$  角速度

# 常用单位

长度	mm, cm, m
面积	mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> , m <sup>2</sup>
体积	mm <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup> , m <sup>3</sup>
速度	m/s
转速	r/min
角速度	rad/s
力	N, kN
应力, 压强, 弹性模量	Pa, MPa
功率	kW
运动粘度	mm <sup>2</sup> /s

# 目 录

## 主要符号表

## 常用单位

绪论	1
§ 0-1 本课程研究的对象和内容	1
§ 0-2 本课程在教学计划中的地位	5
§ 0-3 机械设计的基本要求和过程	5
习题	6
第一章 平面机构的自由度和速度分析	7
§ 1-1 平面机构的运动简图	7
§ 1-2 平面机构的自由度	12
习题	17
第二章 平面连杆机构	19
§ 2-1 平面四杆机构的基本类型	19
§ 2-2 平面四杆机构的特点及其设计简介	25
习题	29
第三章 凸轮机构	30
§ 3-1 凸轮机构的应用和分类	30
§ 3-2 从动件的常用运动规律	33
§ 3-3 按给定从动件运动规律绘制凸轮轮廓	37
习题	41
第四章 间隙运动机构	43
§ 4-1 槽轮机构	43
§ 4-2 棘轮机构	45
§ 4-3 不完全齿轮机构	46

§ 4-4 凸轮间歇运动机构 .....	47
习题 .....	48
<b>第五章 机械的调速和平衡 .....</b>	<b>49</b>
§ 5-1 机器速度波动的调节 .....	49
§ 5-2 机械的平衡 .....	53
习题 .....	57
<b>第六章 机械零件设计和计算概论 .....</b>	<b>58</b>
§ 6-1 机械零件的工作能力准则 .....	58
§ 6-2 机械制造中常用材料及其选择 .....	61
§ 6-3 许用应力和安全系数 .....	70
§ 6-4 机械零件的工艺性和标准化 .....	75
习题 .....	76
<b>第七章 连接 .....</b>	<b>77</b>
§ 7-1 螺纹连接 .....	77
§ 7-2 键连接 .....	100
习题 .....	107
<b>第八章 带传动和链传动 .....</b>	<b>110</b>
§ 8-1 带传动的特点 .....	110
§ 8-2 带传动的主要型式 .....	111
§ 8-3 带传动的受力分析 .....	113
§ 8-4 带的应力分析 .....	115
§ 8-5 带传动的弹性滑动及传动比 .....	117
§ 8-6 普通 V 带传动的设计计算 .....	118
§ 8-7 V 带轮的结构 .....	131
§ 8-8 张紧力、张紧装置和带传动的维护 .....	134
§ 8-9 同步带传动简介 .....	136
§ 8-10 链传动的特点 .....	139
§ 8-11 链和链轮 .....	140
§ 8-12 链传动的主要参数及其选择 .....	145
§ 8-13 链传动的计算 .....	147
§ 8-14 链传动的使用维护 .....	153

习题 .....	153
<b>第九章 齿轮传动</b> .....	<b>155</b>
§ 9-1 齿轮传动的应用和种类 .....	155
§ 9-2 齿廓啮合的基本定律 .....	158
§ 9-3 渐开线及渐开线齿轮 .....	159
§ 9-4 渐开线标准齿轮的各部分名称及其基本尺寸 .....	162
§ 9-5 一对渐开线齿轮的啮合 .....	166
§ 9-6 轮齿切削加工方法的原理 .....	170
§ 9-7 根切、最少齿数及变位齿轮的概念 .....	173
§ 9-8 齿轮的材料 .....	174
§ 9-9 轮齿的失效形式及计算准则 .....	178
§ 9-10 直齿圆柱齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算 .....	180
§ 9-11 直齿圆柱齿轮轮齿的弯曲疲劳强度计算 .....	185
§ 9-12 斜齿圆柱齿轮传动 .....	192
§ 9-13 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	197
§ 9-14 锥齿轮传动 .....	204
§ 9-15 直齿锥齿轮传动的强度计算 .....	207
§ 9-16 齿轮的构造 .....	212
习题 .....	216
<b>第十章 蜗杆传动</b> .....	<b>219</b>
§ 10-1 概述 .....	219
§ 10-2 圆柱蜗杆传动的几何参数及尺寸计算 .....	220
§ 10-3 蜗杆传动的运动学及效率 .....	224
§ 10-4 蜗杆、蜗轮的材料及结构 .....	226
§ 10-5 蜗杆传动的强度计算 .....	228
§ 10-6 蜗杆传动的热平衡计算 .....	233
习题 .....	237
<b>第十一章 轮系、减速器和无级变速传动</b> .....	<b>239</b>
§ 11-1 定轴轮系 .....	239
§ 11-2 行星轮系的传动比 .....	243
§ 11-3 减速器 .....	246

§ 11 - 4 各种机械传动的比较 .....	250
习题 .....	252
<b>第十二章 轴</b> .....	254
§ 12 - 1 概述 .....	254
§ 12 - 2 轴的结构和材料 .....	255
§ 12 - 3 轴的计算 .....	260
习题 .....	269
<b>第十三章 轴承</b> .....	272
§ 13 - 1 概述 .....	272
§ 13 - 2 滑动轴承的结构 .....	273
§ 13 - 3 滑动轴承的材料 .....	276
§ 13 - 4 润滑剂和润滑装置 .....	279
§ 13 - 5 非全液体摩擦滑动轴承的计算 .....	284
§ 13 - 6 滚动轴承的结构 .....	286
§ 13 - 7 滚动轴承的代号 .....	288
§ 13 - 8 滚动轴承的主要类型及其选择 .....	292
§ 13 - 9 滚动轴承的失效形式及选择计算 .....	295
§ 13 - 10 滚动轴承组合设计 .....	302
§ 13 - 11 滚动轴承和滑动轴承的比较 .....	307
习题 .....	310
<b>第十四章 联轴器、离合器和制动器</b> .....	312
§ 14 - 1 概述 .....	312
§ 14 - 2 刚性联轴器 .....	314
§ 14 - 3 无弹性元件挠性联轴器 .....	315
§ 14 - 4 非金属弹性元件挠性联轴器 .....	319
§ 14 - 5 牙嵌离合器 .....	321
§ 14 - 6 摩擦离合器 .....	322
§ 14 - 7 自动离合器 .....	325
§ 14 - 8 制动器 .....	329
§ 14 - 9 离合器和制动器的操纵装置 .....	330
习题 .....	332

<b>第十五章 弹簧</b> .....	333
§ 15 - 1 概述 .....	333
§ 15 - 2 弹簧的制造、材料和许用应力 .....	335
§ 15 - 3 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的设计计算 .....	338
习题 .....	346
<b>第十六章 起重机械零件</b> .....	348
§ 16 - 1 钢丝绳 .....	348
§ 16 - 2 滑轮和卷筒 .....	352
§ 16 - 3 吊钩 .....	360
习题 .....	361
<b>第十七章 现代机械设计理论方法简介</b> .....	363
§ 17 - 1 有限单元法 .....	363
§ 17 - 2 微机电系统的设计理论及方法简介 .....	378
习题 .....	394
<b>附录 I 极限与配合</b> .....	395
习题 .....	405
<b>附录 II 附表</b> .....	406
<b>主要参考书</b> .....	425

# 绪 论

## 重点学习内容

1. 学习本课程的目的；
2. 机械、机器、机构、构件、零件等名词的含义。

## § 0 - 1 本课程研究的对象和内容

人类为了满足生活和生产上的需要,创造了各种各样的机器,其主要目的是减轻劳动和提高生产率。随着生产的发展,在各类机械制造、土建、电力、石油化工、采矿冶金、轻纺、包装、食品加工等部门已广泛使用着各种类型的机器。

机器的种类很多、用途各不相同,但它们却有着共同的特征。

图 0 - 1 所示的单缸内燃机是由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8 等组成。燃气推动活塞作往复运动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,利用固定在曲轴上的齿轮 5 带动固定在凸轮轴上的齿轮 6 转动。这样,当燃气推动活塞运动时,进、排气阀有规律地启闭就把燃气的热能转变为曲轴转动的机械能。

图 0 - 2 所示的牛头刨床是由曲柄 5 (和大齿轮固定在一起)、滑块 2 和 6、导杆 7、刨头 8、床身 1、小齿轮 4、电动机 3 以及其他一些辅助部分(图中未画出)所组成。当电动机 3 经带传动、变速箱(图中未画出)并通过小齿轮 4 使曲柄 5 作连续转动时,齿轮 5 上装有用销轴连接的滑块 6,一方面绕销轴转动,同时又可在导杆 7



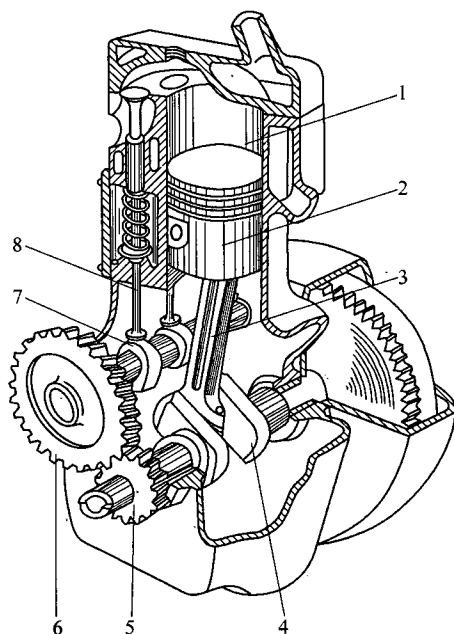


图 0-1

的导槽中滑动。导杆 7 的下部分导槽又与另一滑块 2 连接,而滑块 2 可绕固定在床身 1 上的销轴转动。故当齿轮 5 转动时,便可通过滑块 6 带动导杆 7 作平面复杂运动。导杆 7 上端用销轴与刨头 8 相连,刨刀固定在刨头 8 的前端,随同刨头一起运动。这样当导杆 7 往复摆动时,即驱使刨刀作往复刨削运动,完成有效的机械功。

又如电动机是由一个转子(电枢)和一个定子所组成。当定子输入电流后,转子便能作回转运动,使电能转换为机械能。

从以上三个例子可以看出,机器具有下列特征:(1)它们是人造的实物组合;(2)是执行机械运动的装置;(3)它们能代替或减轻人的劳动,以完成有效的机械功(如机床、起重机、洗衣机等),传递能量、物料与信息,或者作能量的变换(如内燃机、发电机