

高等院校十一五机械类统编教材

机械设计基础

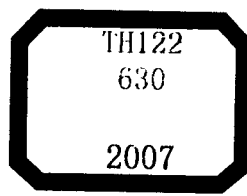
主 编 李 静

副主编 冯立艳 马银戌

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等院校十一五机械类统编教材



机械设计基础

主 编 李 静
副主编 冯立艳 马银成

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 17 章, 前 8 章主要介绍常用的平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇机构及机器动力学的基本知识, 后 9 章主要介绍常用连接、传动、轴系零部件的工作原理、特点及设计计算方法等。每章章前指明关键知识点和难点, 章后设有小结和形式多样的习题。为便于教学或学习, 把本教材的 PPT 放在华信教育资源网上, 读者可随时下载。

本书可作为高等理工科院校近机类各专业机械设计基础课程的教材, 适用学时范围为 50~80 学时; 也可供其他有关专业的师生和机械工程技术人员参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础 / 李静主编. —北京: 电子工业出版社, 2007.1

高等院校十五机械类统编教材

ISBN 978-7-121-03586-9

I. 机… II. 李… 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 (2006) 第 153902 号

责任编辑: 刘志红 康 霞

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.75 字数: 550 千字

印 次: 2007 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

《高等院校十一五机械类统编教材》

编委会名单

顾 问：范顺成

主 任：张明路

副主任（按姓氏笔画）：金国光

赵新华

钱东平

唐贵基

路春光

委 员（按姓氏笔画）：马跃进

王怀明

尹明富

关玉明

刘恩福

范孝良

杨传民

段星光

徐安平

出版说明

“工欲善其事，必先利其器”。教材建设是高等学校提高教学质量的重要环节，也是一项具有战略性的基本建设。近几年来，我国各高等学校实施了一系列面向 21 世纪教学改革计划，在教学内容和课程体系改革上取得了丰硕的成果，因此，需要适时地将教改成果物化为教材出版，以促进教改成果的实施和推广。

电子工业出版社作为国家级科技与教育出版社，始终关注着我国高等工程教育的改革和发展方向，始终把出版适应我国高等学校发展要求的高质量精品教材放在重要位置。多年来，我社出版了一系列特色鲜明的教材，为我国的高等教育做出了一定的贡献。随着科学技术的发展，学科领域相互渗透、融合，为适应这一特点，我社努力拓展出版领域，并希望通过出版多学科、多领域所需的高质量教材，进一步提升出版质量，更好地为培养高素质人才服务。

迄今为止，高等工程教育已培养了数百万工程专门人才，为社会、经济和科技的发展做出了巨大贡献。但 IMD1998 年的调查显示，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标世界排名第 36 位，与我国科技人员的总数和制造业地位形成明显反差。这表明适于工程一线的应用型技术人才供给不足。

基于上述考虑，经过一年多的调研，并征求多方意见，根据国内高等院校机电类专业的发展现状，我社组织编写了《高等院校十一五机械类统编教材》，教材定位于地方工科高校，以应用型、研究应用型人才培养为主，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足“厚基础、强能力、高素质”的工程应用型本科人才培养的需要。

与以往出版的同类教材相比，这套教材具有以下特点。

(1) 专业特色鲜明：以地方工科院校本科机电类专业的专业课程教材为主线，兼顾其他相关选修专业课程。

(2) 突出系统性：本套规划教材覆盖了本科机电类专业的基础课、专业方向课及专业选修课，形成了一个完整的教材系列。同时，注意教材之间内容的合理划分与衔接，层次分明，重点突出，各高校可以根据需要组合选用。

(3) 体系、内容新颖：整个知识结构建立在“高”、“新”平台上。基本理论阐述精练，深入浅出，便于自学；注意吸收新理论、新技术成果在人才培养中的作用；加强实践性与应用性，结合实例进行讲解。

(4) 配套教学支持：多数教材配有教学课件（电子教案），部分重要课程配套出版了教学辅导书或实验教材。

为做好本套教材的出版工作，本丛书成立了教材编委会，并聘请了多位高等工程教育、学科领域的著名专家、教授作为教材顾问，从根本上保证了本系列教材的高质量。在此，

对他们的辛勤工作也表示衷心的感谢。

今后，我社将进一步加强与各高校教师的密切联系和合作，广泛听取一线教师对教材的反馈意见和建议，以便使我们的教材出版工作做得更好。

电子工业出版社
2006年7月

前 言

本书定位于机械类、近机类和非机械类本、专科学生学习《机械设计基础》课程使用,考虑读者的特点,编写时以培养“厚基础、强技能、高素质”型人才为指导思想,着重机械设计的基本知识、基本理论和基本技能,突出应用;针对大学时期学习内容多、要求高、学时少的状况,充分注意精选编写内容,力图将该书编写成内容简洁、结构紧凑、实用性强、具有一定特色的教学用书。

除绪论外,全书共 17 章,前 8 章主要介绍机械工程中常用的平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇机构及机器动力学的基本知识,后 9 章主要介绍通用机械零部件常用的连接、传动、支承的工作原理、特点及设计计算方法等。每章章前指明关键知识点和难点,章后设有小结和形式多样的习题,便于教学和自学。

本课程综合运用机械制图、工程力学、金属工艺学、金属材料与热处理、公差及测量技术等先修课程的知识,有效地解决常用机械的技术问题,并为学生进一步学习专业知识打下基础。

本书各章建议学时如下表。各专业可根据需要对教材内容进行取舍,并调整学时。

章号	绪论	第 1 章	第 2 章	第 3 章	第 4 章	第 5 章	第 6 章	第 7 章	第 8 章	第 9 章	第 10 章	第 11 章	第 12 章	第 13 章	第 14 章	第 15 章	第 16 章	第 17 章
学时	1	5	5	4	8	4	2	2	2	4	9	8	4	8	4	6	3	1

本书采用我国最新国家标准和资料,以及我国法定计量单位。

为方便教学或学习,把本书的 PPT 放在华信教育资源网上,读者可随时下载。

参加本书编写的有河北农业大学李静、徐鹏云(绪论,第 11 章,第 12 章),河北理工大学冯立艳、姚桂艳(第 1 章,第 5 章,第 14 章),华北电力大学马银戌(第 2 章,第 4 章),河北农业大学张秀花、徐鹏云(第 3 章,第 6 章,第 7 章,第 8 章),天津商学院王岭松(第 9 章,第 10 章),河北师范大学李佩洁(第 13 章),天津商学院王东爱(第 15 章,第 16 章,第 17 章)。由李静担任主编,冯立艳、马银戌担任副主编,由华北电力大学王藏柱教授任主审。

本书在编写过程中,华北电力大学王藏柱教授、河北工业大学范顺成教授、华北电力大学陈立新教授均对本书提出了许多宝贵的意见和建议,同时也得到了华北电力大学唐贵基教授、河北农业大学钱东平教授和王凤礼教授的大力支持和热情帮助;在出版过程中,电子工业出版社的领导和编辑给予了很多关心和帮助,编者在此谨向他们表示真挚的谢

意！对书中所引用参考文献的作者一并致谢！

由于编者的水平和经验所限，书中难免有不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年7月

目 录

绪论	(1)
0.1 机械的组成	(1)
0.2 本课程的内容、性质和任务	(3)
0.2.1 本课程的内容	(3)
0.2.2 本课程的性质和任务	(3)
0.3 机械设计的基本要求和一般程序	(3)
0.3.1 机械设计应满足的基本要求	(3)
0.3.2 机械设计的一般程序	(4)
小结	(5)
习题 0	(5)
第 1 章 平面机构的自由度和速度分析	(6)
1.1 运动副及其分类	(6)
1.1.1 构件的自由度	(6)
1.1.2 运动副的分类及其表达方法	(6)
1.2 平面机构运动简图	(8)
1.2.1 构件的分类及其表示方法	(8)
1.2.2 平面机构运动简图	(8)
1.3 平面机构的自由度	(11)
1.3.1 平面机构的自由度计算公式	(11)
1.3.2 平面机构具有确定运动的条件	(11)
1.3.3 计算平面机构自由度时应注意的事项	(12)
1.4 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用	(15)
1.4.1 速度瞬心及其求法	(15)
1.4.2 速度瞬心在机构速度分析上的应用	(16)
小结	(17)
习题 1	(18)
第 2 章 平面连杆机构	(22)
2.1 铰链四杆机构的基本形式、特性及应用	(22)
2.1.1 曲柄摇杆机构	(23)
2.1.2 双曲柄机构	(26)
2.1.3 双摇杆机构	(27)

2.2	铰链四杆机构的曲柄存在条件	(28)
2.3	铰链四杆机构的演化	(29)
2.3.1	转动副转化成移动副	(30)
2.3.2	取不同的构件为机架	(30)
2.3.3	扩大转动副	(32)
2.4	平面四杆机构的设计	(32)
2.4.1	按给定的行程速比系数 K 设计四杆机构	(32)
2.4.2	按给定连杆的 2 个或 3 个位置设计四杆机构	(34)
2.4.3	按给定的两连架杆对应位置设计四杆机构	(35)
2.4.4	按给定的运动轨迹设计四杆机构	(36)
	小结	(37)
	习题 2	(37)
第 3 章	凸轮机构	(40)
3.1	概述	(40)
3.1.1	凸轮机构的应用	(40)
3.1.2	凸轮机构的分类	(41)
3.1.3	凸轮机构的设计任务	(42)
3.2	从动件的常用运动规律	(43)
3.2.1	等速运动规律 (一次多项式运动规律)	(43)
3.2.2	等加速、等减速运动规律 (二次多项式运动规律)	(44)
3.2.3	简谐运动规律 (余弦加速度运动规律)	(46)
3.3	图解法设计凸轮轮廓	(47)
3.3.1	直动尖顶从动件盘形凸轮	(47)
3.3.2	对心直动滚子从动件盘形凸轮	(49)
3.3.3	对心直动平底从动件盘形凸轮	(49)
3.3.4	摆动从动件盘形凸轮	(49)
3.4	凸轮机构基本参数的确定	(51)
3.4.1	凸轮机构的压力角	(51)
3.4.2	滚子从动件滚子半径的选择	(52)
3.4.3	平底从动件平底尺寸的确定	(53)
	小结	(53)
	习题 3	(54)
第 4 章	齿轮机构	(55)
4.1	齿轮机构的特点和分类	(55)
4.2	齿廓啮合基本定律	(56)
4.3	渐开线齿廓	(57)
4.3.1	渐开线的形成和性质	(57)

4.3.2	渐开线齿廓的啮合特点	(58)
4.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的尺寸计算	(59)
4.4.1	外齿轮	(59)
4.4.2	内齿轮	(62)
4.4.3	齿条	(62)
4.5	渐开线直齿圆柱齿轮机构的啮合传动	(63)
4.5.1	正确啮合条件	(63)
4.5.2	标准中心距	(64)
4.5.3	连续传动的条件	(66)
4.6	渐开线齿轮的切齿原理	(68)
4.6.1	成型法	(68)
4.6.2	范成法	(69)
4.7	渐开线齿廓的根切现象、最少齿数及变位齿轮	(70)
4.7.1	根切现象及产生原因	(70)
4.7.2	渐开线标准直齿轮不发生根切的最少齿数	(71)
4.7.3	变位齿轮	(71)
4.8	斜齿圆柱齿轮机构	(74)
4.8.1	斜齿圆柱齿轮齿面的形成及啮合特点	(74)
4.8.2	斜齿圆柱齿轮的几何参数和尺寸计算	(74)
4.8.3	斜齿轮的啮合传动和重合度	(76)
4.8.4	斜齿轮的当量齿数	(77)
4.8.5	斜齿轮的传动特点	(78)
4.9	圆锥齿轮机构	(79)
4.9.1	直齿圆锥齿轮齿面的形成	(79)
4.9.2	背锥和当量齿数	(79)
4.9.3	直齿锥齿轮几何尺寸计算	(80)
小结	(81)
习题 4	(82)
第 5 章	轮系	(84)
5.1	轮系及其分类	(84)
5.1.1	定轴轮系	(84)
5.1.2	周转轮系	(85)
5.1.3	复合轮系	(85)
5.2	定轴轮系传动比的计算	(85)
5.2.1	一对齿轮的传动比	(86)
5.2.2	定轴轮系传动比大小的计算	(86)
5.2.3	定轴轮系首轮末轮转向关系的确定	(87)
5.3	周转轮系及其传动比的计算	(88)

5.3.1	周转轮系的组成及分类	(88)
5.3.2	周转轮系的传动比计算	(88)
5.4	复合轮系的传动比计算	(91)
5.5	轮系的功用	(92)
	小结	(93)
	习题 5	(94)
第 6 章	间歇运动机构	(98)
6.1	棘轮机构	(98)
6.1.1	棘轮机构的工作原理及组成	(98)
6.1.2	棘轮机构的类型、特点和应用	(99)
6.1.3	棘爪的工作条件	(100)
6.2	槽轮机构	(101)
6.2.1	槽轮机构的工作原理及组成	(101)
6.2.2	槽轮机构的主要参数	(102)
6.3	不完全齿轮机构	(103)
6.4	凸轮间歇运动机构	(105)
	小结	(105)
	习题 6	(106)
第 7 章	机械速度波动的调节	(107)
7.1	机械速度波动调节的目的和方法	(107)
7.1.1	机械速度波动调节的目的	(107)
7.1.2	机械速度波动调节的方法	(108)
7.2	机械运转的平均角速度和不均匀系数	(109)
7.2.1	平均角速度	(109)
7.2.2	不均匀系数	(110)
7.3	飞轮设计方法	(111)
7.3.1	转动惯量的计算	(111)
7.3.2	最大盈亏功的确定	(112)
7.3.3	飞轮尺寸的确定	(114)
	小结	(115)
	习题 7	(115)
第 8 章	回转件的平衡	(117)
8.1	回转件平衡的目的	(117)
8.2	回转件的平衡计算	(117)
8.2.1	静平衡计算	(118)
8.2.2	动平衡计算	(119)

8.3	回转件的平衡试验	(121)
8.3.1	静平衡试验	(121)
8.3.2	动平衡试验	(122)
	小结	(122)
	习题 8	(123)
第 9 章	机械零件设计概论	(125)
9.1	机械零件的主要失效形式	(125)
9.2	机械零件的工作能力及其设计准则	(125)
9.2.1	机械零件的工作能力	(126)
9.2.2	机械零件的设计准则	(126)
9.3	机械零件设计的一般步骤	(127)
9.3.1	机械零件设计应满足的基本要求	(127)
9.3.2	机械零件设计的一般步骤	(127)
9.4	机械零件的强度计算	(128)
9.4.1	应力的分类	(129)
9.4.2	静应力下机械零件的强度计算	(129)
9.4.3	变应力下机械零件的疲劳强度计算	(130)
9.5	机械零件的接触强度计算	(134)
9.5.1	接触应力和接触强度的概念	(134)
9.5.2	接触疲劳强度计算	(135)
9.6	机械零件常用材料及其选择	(136)
9.6.1	金属材料	(136)
9.6.2	非金属材料	(139)
9.6.3	材料选择原则	(139)
9.7	机械零件的工艺性及标准化	(140)
9.7.1	什么是工艺性	(140)
9.7.2	工艺性应当注意的几个主要方面	(140)
9.7.3	标准化、通用化、系列化的概念和意义	(141)
	小结	(142)
	习题 9	(143)
第 10 章	连接	(144)
10.1	螺纹的形成、类型及主要参数	(144)
10.1.1	螺纹的形成	(144)
10.1.2	螺纹的类型和旋向	(145)
10.1.3	螺纹的主要参数	(146)
10.2	常用螺纹的种类、特点及应用	(146)
10.3	螺纹副的受力分析、效率和自锁	(148)

10.3.1	矩形螺纹	(148)
10.3.2	非矩形螺纹	(149)
10.3.3	非矩形螺纹的自锁条件和效率	(150)
10.4	螺纹连接的基本类型和标准连接件	(150)
10.4.1	螺纹连接的基本类型	(150)
10.4.2	标准连接件	(150)
10.5	螺纹连接的预紧和防松	(153)
10.5.1	螺纹连接的预紧	(153)
10.5.2	螺纹连接的防松	(154)
10.6	螺栓连接的计算	(156)
10.6.1	单个螺栓连接的失效形式和强度计算	(156)
10.6.2	螺栓材料及许用应力	(161)
10.7	螺栓组连接的受力分析	(162)
10.7.1	螺栓组连接的结构设计	(162)
10.7.2	受横向载荷的螺栓组连接	(163)
10.7.3	受轴向载荷的螺栓组连接	(164)
10.7.4	受旋转力矩的螺栓组连接	(164)
10.7.5	受翻转力矩的螺栓组连接	(165)
10.8	提高螺栓连接强度的措施	(169)
10.8.1	改善螺纹牙间载荷分布	(169)
10.8.2	降低总工作载荷的变化范围	(169)
10.8.3	改善头部的应力集中状况	(170)
10.8.4	避免或减小附加应力	(171)
10.8.5	采用合理的制造工艺	(171)
10.9	螺旋传动	(171)
10.9.1	螺旋传动的类型和特点	(171)
10.9.2	滑动螺旋传动的设计计算	(172)
10.10	键连接和花键连接	(175)
10.10.1	键连接的类型及应用	(175)
10.10.2	平键连接的强度计算	(177)
10.10.3	花键连接	(179)
10.11	销连接	(180)
小结		(181)
习题 10		(183)
第 11 章	齿轮传动	(186)
11.1	齿轮传动的失效形式和设计准则	(186)
11.1.1	齿轮的工作条件与齿面硬度	(186)
11.1.2	齿轮传动的失效形式及设计准则	(186)

11.2	齿轮材料及其热处理	(189)
11.2.1	齿轮材料及其选用	(189)
11.2.2	齿轮的热处理	(189)
11.3	直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷	(190)
11.3.1	轮齿的受力分析	(190)
11.3.2	计算载荷	(191)
11.4	直齿圆柱齿轮传动的齿面接触强度计算	(192)
11.4.1	齿面接触强度计算公式	(192)
11.4.2	许用接触应力	(194)
11.4.3	齿面接触强度计算说明	(195)
11.5	直齿圆柱齿轮传动的齿根弯曲强度计算	(195)
11.5.1	齿根弯曲强度计算公式	(195)
11.5.2	许用弯曲应力	(198)
11.5.3	齿根弯曲强度计算说明	(198)
11.5.4	齿轮主要参数的选择	(199)
11.6	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(201)
11.6.1	轮齿的受力分析	(201)
11.6.2	强度计算	(203)
11.7	直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(206)
11.7.1	轮齿的受力分析	(206)
11.7.2	强度计算	(207)
11.8	齿轮的结构设计	(208)
11.8.1	齿轮轴	(208)
11.8.2	实心式齿轮和腹板式齿轮	(208)
11.8.3	轮辐式齿轮	(209)
11.9	齿轮传动的润滑与效率	(210)
11.9.1	齿轮传动的润滑	(210)
11.9.2	齿轮传动的效率	(211)
	小结	(212)
	习题 11	(213)
第 12 章	蜗杆传动	(216)
12.1	概述	(216)
12.1.1	蜗杆传动的特点	(216)
12.1.2	蜗杆传动的分类	(216)
12.2	圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(217)
12.2.1	圆柱蜗杆传动的主要参数	(218)
12.2.2	圆柱蜗杆传动的几何尺寸计算	(220)

12.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(220)
12.3.1	蜗杆传动的失效形式	(220)
12.3.2	蜗杆传动的材料	(221)
12.3.3	蜗杆和蜗轮的结构	(221)
12.4	蜗杆传动的受力分析和强度计算	(222)
12.4.1	蜗杆传动的受力分析	(222)
12.4.2	蜗杆传动的强度计算	(223)
12.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(224)
12.5.1	蜗杆传动的效率	(224)
12.5.2	蜗杆传动的润滑	(225)
12.5.3	蜗杆传动的热平衡计算	(226)
	小结	(228)
	习题 12	(229)
第 13 章	带传动和链传动	(232)
13.1	带传动的概述	(232)
13.1.1	带传动的类型	(232)
13.1.2	带传动的特点	(233)
13.2	带传动的基本理论	(234)
13.2.1	带传动中的力	(234)
13.2.2	带传动中的应力	(235)
13.2.3	带传动的弹性滑动和打滑	(236)
13.3	普通 V 带传动的设计计算	(237)
13.3.1	普通 V 带	(237)
13.3.2	带传动的设计准则	(240)
13.3.3	带传动的设计计算和参数选择	(242)
13.4	V 带轮的结构设计	(246)
13.4.1	普通 V 带轮	(246)
13.4.2	带传动的张紧装置	(246)
13.5	同步带传动简介	(249)
13.6	链传动概述	(250)
13.6.1	链传动的类型	(250)
13.6.2	链传动的特点	(250)
13.7	滚子链的结构	(250)
13.7.1	链条	(250)
13.7.2	链轮	(252)
13.8	链传动的运动分析和受力分析	(253)
13.8.1	链传动的运动分析	(253)
13.8.2	链传动的受力分析	(254)

13.9	链传动的主要参数及其选择	(255)
13.9.1	链轮齿数	(256)
13.9.2	链的节距和排数	(256)
13.9.3	链传动的中心距和链节数	(256)
13.10	滚子链传动的设计计算	(257)
13.10.1	链传动的失效形式	(257)
13.10.2	功率曲线图	(257)
13.10.3	链传动的计算	(259)
13.11	链传动的润滑与布置	(260)
13.11.1	链传动的润滑	(260)
13.11.2	链传动的布置	(260)
	小结	(261)
	习题 13	(262)
第 14 章	轴	(264)
14.1	概述	(264)
14.1.1	轴的功用和类型	(264)
14.1.2	轴设计的主要内容	(265)
14.1.3	轴的材料	(266)
14.2	轴的结构设计	(267)
14.2.1	制造安装和结构工艺性	(268)
14.2.2	轴上零件的定位和固定	(269)
14.2.3	提高轴强度的常用措施	(271)
14.3	轴的强度计算	(273)
14.3.1	轴的受力简图	(273)
14.3.2	轴的强度计算	(273)
	小结	(278)
	习题 14	(278)
第 15 章	滚动轴承	(280)
15.1	概述	(280)
15.1.1	滚动轴承的基本结构	(280)
15.1.2	滚动轴承的特点	(281)
15.2	滚动轴承的基本类型和选择	(281)
15.2.1	滚动轴承的基本类型	(281)
15.2.2	滚动轴承的选择	(283)
15.3	滚动轴承的代号	(284)
15.3.1	基本代号	(284)
15.3.2	前置代号	(285)