



高等院校“十二五”精品课程建设成果



机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

■ 主编 王德洪
■ 主审 左阳春

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械设计基础

主 编 王德洪

副主编 赵延根 李 蕊 陈凤英

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书包括绪论,平面机构,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构,螺纹连接和螺旋传动,键连接、销连接和无键连接,带传动,链传动,齿轮传动和蜗杆传动,齿轮系,轴,轴承,联轴器、离合器和制动器,弹簧等内容。

本书遵循“必需、够用”的原则,既保证基本内容,又注重知识的实用性,可作为高等院校机械类及近机类专业“机械设计基础”课程教材,也可作为各职业学校及有关工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王德洪主编. —北京:北京理工大学出版社,2012. 5
ISBN 978 - 7 - 5640 - 5922 - 4

I. ①机… II. ①王… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 090554 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 300 千字

责任编辑 / 多海鹏

版 次 / 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1~1 500 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 43.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是根据高等教育机电类专业人才培养目标，并结合专业发展需要而编写的。

本书的特点如下：

(1) 本书对相关课程的内容进行优化，将机械原理、机械零件两部分内容有机地结合在一起。

(2) 本书贯彻基本理论以“必需、够用”为度的原则，删减了理论性较强的内容，而突出了实用性强的教学内容，以服务后续专业课程的学习。

(3) 本书围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构和内容，并对基本理论用相关公式进行了简化，适合高等院校相关专业的学生使用。

(4) 本书在编写过程中一律采用最新国家标准，力求体现学科与技术的发展。

(5) 本书在编写过程中大量采用立体图和图表，实例剖析，文字简明扼要。

(6) 本书在每一章都注有学习指南、本章重点和本章难点，以利学生明确每一章的重点和难点。

本书由王德洪任主编，赵延根、李芯、陈凤英任副主编，全书由左阳春主审，左老师提出了许多宝贵的修改意见，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
0.1 本课程基本概念、研究对象和内容	1
0.1.1 本课程的基本概念	1
0.1.2 本课程研究的对象	3
0.1.3 本课程研究的内容	3
0.2 本课程的性质、任务和学习方法	3
0.2.1 本课程的性质	3
0.2.2 本课程的任务	3
0.2.3 本课程的学习方法	3
0.3 机械设计的基本要求、一般程序和设计方法	4
0.3.1 机械设计的基本要求	4
0.3.2 机械设计的一般程序	4
0.3.3 机械设计方法	5
复习思考题	8
 第1章 平面机构	9
1.1 平面机构的组成	9
1.1.1 平面运动副的组成和类型	9
1.1.2 平面机构的组成	10
1.2 平面机构简图的绘制	11
1.2.1 平面运动副和构件的表示	11
1.2.2 平面机构简图的绘制	13
1.3 平面机构自由度的计算	14
1.3.1 平面运动副对构件的约束	14
1.3.2 平面机构自由度的计算公式	14
1.3.3 计算平面机构自由度时应注意的问题	15
1.3.4 机构具有确定运动的条件	17

复习思考题	18
第2章 平面连杆机构	19
2.1 平面连杆机构的组成、基本类型和演化	19
2.1.1 平面连杆机构的组成	19
2.1.2 平面连杆机构的基本类型	19
2.1.3 平面铰链四杆机构中存在曲柄的条件	20
2.1.4 平面铰链四杆机构的演化	22
2.2 平面连杆机构的工作特性	24
2.2.1 压力角和传动角	24
2.2.2 死点	25
2.2.3 急回特性	26
2.3 图解法设计平面连杆机构	27
2.3.1 按两连架杆的对应位置设计四杆机构	27
2.3.2 用反转法按连杆预定的位置设计四杆机构	28
2.3.3 按给定的行程速比系数设计四杆机构	30
复习思考题	31
第3章 凸轮机构	32
3.1 凸轮机构的组成及类型	32
3.1.1 凸轮机构的组成、特点和应用	32
3.1.2 凸轮机构的类型	34
3.2 从动件的运动规律和选择	35
3.2.1 凸轮机构的工作过程	35
3.2.2 从动件的常用运动规律	35
3.2.3 从动件运动规律的选择	39
3.3 作图法设计凸轮轮廓曲线	40
3.3.1 尖顶对心移动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	40
3.3.2 滚子对心移动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	41
3.3.3 偏置从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	42
3.3.4 对心平底从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	43
3.4 解析法设计凸轮轮廓曲线	43
3.5 凸轮机构设计中的几个问题	44

3.5.1 凸轮的材料	44
3.5.2 凸轮基圆半径的确定	44
3.5.3 滚子半径的选择	45
3.5.4 压力角的确定	45
复习思考题	46
第4章 间歇运动机构	47
4.1 槽轮机构	47
4.1.1 槽轮机构的组成、工作原理和类型	47
4.1.2 槽轮机构的特点和应用	48
4.2 棘轮机构	49
4.2.1 棘轮机构的组成、工作原理和类型	49
4.2.2 棘轮机构的特点和应用	52
4.3 其他间歇机构	52
4.3.1 不完全齿轮间歇机构	52
4.3.2 凸轮式间歇机构	53
复习思考题	54
第5章 螺纹连接和螺旋传动	55
5.1 螺纹的形成、类型和主参数	55
5.1.1 螺纹的形成	55
5.1.2 螺纹的类型	55
5.1.3 螺纹的主参数	57
5.2 螺纹连接的类型和应用	58
5.2.1 螺纹连接的类型和应用概述	58
5.2.2 标准螺纹连接的结构特点和应用	58
5.3 螺纹连接的预紧及防松	60
5.3.1 螺纹连接的预紧	60
5.3.2 螺纹连接的防松	60
5.4 螺栓连接的强度计算	62
5.4.1 普通螺栓连接的强度计算	63
5.4.2 铰制孔螺栓连接的强度计算	67
5.5 提高螺栓连接强度的措施	67

5.5.1 螺纹连接件的材料	67
5.5.2 提高螺栓连接强度的措施	68
5.6 螺栓组连接的结构设计	69
5.7 螺旋传动	71
5.7.1 螺旋传动的类型	71
5.7.2 滚动螺旋传动	72
复习思考题	73
第6章 键连接、销连接和无键连接	74
6.1 键连接	74
6.1.1 键连接的类型、特点和应用	74
6.1.2 平键连接的选用及强度校核	76
6.1.3 花键连接的类型、特点和应用	79
6.2 销连接和无键连接	79
6.2.1 销连接	79
6.2.2 无键连接	80
复习思考题	82
第7章 带传动	83
7.1 带传动的组成、类型及特点	83
7.1.1 带传动的组成	83
7.1.2 带传动的类型	84
7.1.3 带传动的特点和应用	84
7.2 V带和带轮的结构	85
7.2.1 V带的结构和标准	85
7.2.2 V带轮的结构和材料	89
7.3 V带传动设计	91
7.3.1 带传动的工作情况分析	91
7.3.2 带传动的失效形式和设计准则	95
7.3.3 普通V带传动设计	95
7.4 带传动的张紧、安装及维护	102
7.4.1 带传动的张紧	102
7.4.2 带传动的安装及维护	103

复习思考题	104
第8章 链传动	105
8.1 链传动的组成、类型及特点	105
8.1.1 链传动的组成	105
8.1.2 链传动的类型	105
8.1.3 链传动的特点和应用	106
8.2 套筒滚子链及链轮	106
8.2.1 套筒滚子链	106
8.2.2 链轮	108
8.3 链传动的设计	111
8.3.1 链传动的传动比和运动特性	111
8.3.2 套筒滚子链传动的失效形式和设计准则	113
8.3.3 链传动的设计	116
8.4 链传动的布置、张紧及润滑	118
8.4.1 链传动的布置	118
8.4.2 链传动的张紧	118
8.4.3 链传动的润滑	119
复习思考题	120
第9章 齿轮传动和蜗杆传动	122
9.1 齿轮传动的组成、类型和特点	122
9.1.1 齿轮传动的组成	122
9.1.2 齿轮传动的类型	122
9.1.3 齿轮传动的特点	124
9.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的名称及几何尺寸计算	124
9.2.1 渐开线轮廓的形成	124
9.2.2 渐开线齿轮各部分的名称	127
9.2.3 渐开线齿轮的基本参数	128
9.2.4 外啮合渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分几何尺寸计算	129
9.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	130
9.3.1 正确啮合条件	130
9.3.2 标准中心距	131

9.3.3 重合度和连续传动条件	131
9.4 渐开线齿轮的加工方法和避免根切现象的措施	133
9.4.1 渐开线齿轮的加工方法	133
9.4.2 避免根切现象的措施	135
9.5 齿轮的材料、热处理和传动精度等级的选择	140
9.5.1 齿轮的材料、热处理	140
9.5.2 齿轮材料的许用应力	141
9.5.3 齿轮传动精度等级	144
9.6 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	145
9.6.1 齿轮传动的失效形式及设计准则	145
9.6.2 轮齿的受力分析	148
9.6.3 计算载荷	149
9.6.4 齿面接触疲劳强度计算	150
9.6.5 齿根弯曲疲劳强度计算	152
9.7 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动设计	153
9.7.1 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的参数选择	153
9.7.2 设计步骤	154
9.8 斜齿圆柱齿轮传动	157
9.8.1 斜齿圆柱齿轮齿廓的形成	157
9.8.2 斜齿圆柱齿轮传动的啮合特点和正确啮合条件	158
9.9 直齿圆锥齿轮传动	161
9.9.1 圆锥齿轮齿廓的形成及类型	161
9.9.2 直齿圆锥齿轮传动的啮合特点和正确啮合条件	161
9.9.3 直齿圆锥齿轮的主要参数及几何尺寸的计算	162
9.10 齿轮的结构设计、润滑及传动效率	163
9.10.1 齿轮的结构设计	163
9.10.2 齿轮的润滑	165
9.10.3 齿轮传动的效率	167
9.11 蜗杆传动的组成、特点及类型	167
9.11.1 蜗杆传动的组成	167
9.11.2 蜗杆传动的特点	167
9.11.3 蜗杆传动的类型	168
复习思考题	170

第 10 章 齿轮系	171
10.1 齿轮系的类型和应用	171
10.1.1 齿轮系的类型	171
10.1.2 齿轮系的应用	173
10.2 齿轮系的传动比计算	175
10.2.1 定轴齿轮系的传动比计算	175
10.2.2 周转齿轮系的传动比计算	177
10.2.3 混合齿轮系的传动比计算	178
复习思考题	179
第 11 章 轴	180
11.1 轴的类型、材料	180
11.1.1 轴的类型	180
11.1.2 轴的材料	182
11.1.3 轴的一般设计步骤	183
11.2 轴的结构设计	184
11.2.1 拟定轴上零件的装配方案	184
11.2.3 确定各零件的定位方案	186
11.2.4 确定轴的基本直径和各段长度	186
11.2.5 轴的结构工艺性	187
11.3 轴的强度计算	188
11.3.1 按扭转强度条件计算	188
11.3.2 按弯扭合成强度计算	188
11.3.3 轴的弯曲刚度校核计算	189
复习思考题	194
第 12 章 轴承	195
12.1 滚动轴承的结构、类型、特点和应用	195
12.1.1 滚动轴承的结构	195
12.1.2 滚动轴承的类型、特点和应用	196
12.2 滚动轴承的代号意义及其类型的选择	199
12.2.1 滚动轴承的代号意义	199

12.2.2 滚动轴承类型的选择	202
12.3 滚动轴承的寿命计算和静载荷计算	203
12.3.1 滚动轴承的失效形式和计算准则	203
12.3.2 滚动轴承的寿命计算	204
12.3.3 滚动轴承静载荷能力计算	209
12.4 滚动轴承的组合设计	211
12.4.1 滚动轴承的轴向固定	211
12.4.2 滚动轴承的组合支承配置形式	212
12.4.3 滚动轴承的组合调整	213
12.4.4 滚动轴承组合支承部分的刚度和同轴度	214
12.4.5 滚动轴承的预紧	214
12.5 滚动轴承的润滑及密封	215
12.5.1 滚动轴承的润滑	215
12.5.2 滚动轴承的密封	217
12.6 滑动轴承的类型、结构及材料	219
12.6.1 滑动轴承的特点和应用	219
12.6.2 滑动轴承的类型和结构	219
12.6.3 轴瓦的结构和滑动轴承的材料	221
12.7 滚动轴承与滑动轴承的性能比较	224
复习思考题	224
第13章 联轴器、离合器和制动器	226
13.1 联轴器	226
13.1.1 联轴器的类型、结构和特点	226
13.1.2 联轴器的选择	230
13.2 离合器	231
13.2.1 离合器的类型、结构和特点	231
13.2.2 离合器的选择	236
13.3 制动器	236
13.3.1 制动器的类型、结构和特点	236
13.3.2 制动器的选择	237
复习思考题	237

第 14 章 弹簧	238
14.1 弹簧的作用、类型、材料与制造	238
14.1.1 弹簧的作用	238
14.1.2 弹簧的类型	238
14.1.3 弹簧的材料	240
14.1.4 弹簧的制造	240
14.2 圆柱螺旋弹簧的结构、参数与尺寸	241
14.2.1 圆柱螺旋弹簧的结构	241
14.2.2 圆柱螺旋弹簧的参数与尺寸	242
复习思考题	242
参考文献	243

绪 论

【学习指南】

1. 了解本课程的研究对象、内容和基本概念；
2. 了解本课程的性质、任务和学习方法；
3. 弄清机械设计的基本要求、一般程序和设计方法。

【本章重点】

1. 本课程研究的性质、任务和学习方法；
2. 机械设计的基本要求、一般程序和设计方法。

【本章难点】

1. 零件、构件、部件等概念；
2. 机械和机构的区别。

0.1 本课程基本概念、研究对象和内容

0.1.1 本课程的基本概念

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能而进行的创造性工作，它是一种创造性思维活动，按照设计目标进行分析、计算、决策，并通过文字、数据、图形等信息形成机械产品的设计方案。

机械是机器和机构的总称。机器的类型很多，在日常生活和生产中，我们都接触过许多机器，例如汽车、内燃机、起重机、机床等。各种不同的机器，具有不同的形式、结构和用途，但这些不同的机器也有一些相同的特征，而这些特征主要有以下三点。

(1) 任何机器都是由许多零件组合而成的。例如图 0.1 所示的单缸内燃机，就是由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、顶杆 5、凸轮 6、连杆 7、曲轴 8、齿轮 9 和 10 等一系列零件组成的。

零件是不可拆分的最小的制造单元。部件是由一组协同工作的零件所组成的独立装配的单元。在这些零部件中，有的是作为一个独立的运动单元体运动的，有的则是常常由于结构和工艺上的需要，而与其他零件刚性地连接在一起，作为

一个整体运动。例如在图 0.1 所示的单缸内燃机中,其连杆组件(图 0.2)就是由连杆体 1、轴承 6、轴承 7、连杆盖 5、连杆螺栓 2、连杆螺母 3 等组成的。它们刚性地连接在一起,作为一个整体运动,各零件之间没有相对运动,也就是说它们共同组成了一个独立的运动单元体。机器中的每一个独立的运动单元体称为“构件”。所以从运动的观点来看,也可以说机器都是由若干个构件组成的。

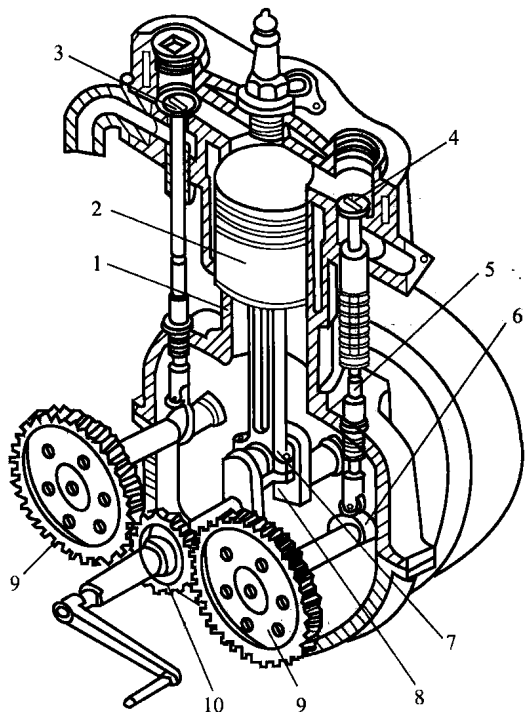


图 0.1 单缸四冲程内燃机

1—汽缸体；2—活塞；3—进气阀；4—排气阀；5—顶杆；6—凸轮；7—连杆；8—曲轴；9，10—齿轮

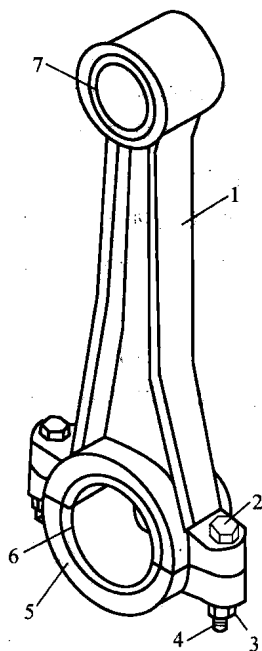


图 0.2 内燃机连杆组

1—连杆体；2—螺栓；3—连杆螺母；4—开口销；5—连杆盖；6，7—轴承

(2) 组成机器的各构件之间都有确定的相对运动。例如图 0.1 所示的单缸内燃机中,曲轴与箱体之间、连杆与曲轴之间、活塞与连杆之间等,都具有确定的相对运动。

(3) 各种机器都能代替或减轻人的劳动强度,并能完成有益的机械功或完成能量、物料与信息转换和传递。例如图 0.1 所示的单缸内燃机能将热能转换为机械能。

根据上述分析可知,凡是具有以上三个特征的人为构件的组合物均称为“机器”。而具有以上前两个特征的人为构件的组合物称为“机构”。例如图 0.1 所示的单缸内燃机中,曲轴、连杆、活塞这三个构件的组合物就只具有以上前两个特征,所以组成了一个机构,即常称的曲柄滑块机构(或曲柄连杆机构)。

一台机器可以是一种机构，也可以是多种机构的组合。不同的机器也可能包括相同的机构。

0.1.2 本课程研究的对象

机械设计基础课程是一门介绍和研究机械设计基础知识的课程，以组成机械的常用机构及通用零部件为研究对象。

0.1.3 本课程研究的内容

本课程研究的主要内容包括两个部分：

(1) 研究常用机构的作用、组成、结构、工作原理、类型、运动特点、设计方法等方面的基本知识。这些常用机构包括：平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇机构等。

(2) 研究通用机械零件的工作原理、结构特点、选用和设计问题。这些零件包括齿轮传动、带传动、链传动等传动零部件、连接零部件及轴、轴承等。

0.2 本课程的性质、任务和学习方法

0.2.1 本课程的性质

本课程是一门专业基础课。旨在培养工程技术人员从事机械设计所需的基本知识、理论和技能，使之具备分析、设计、运行和维护机械设备和机械零件的能力，为今后解决生产实际问题及学习有关新的科学技术打下基础。

本课程综合运用数学、力学、机械制图、金属材料及热处理、互换性与技术测量等课程的知识去解决常用机构和通用零部件的设计问题。涉及的知识面广，实践性强，侧重于工程实际，是基础课与专业课之间的联系环节，起着承上启下的作用。

0.2.2 本课程的任务

(1) 了解常用机构及通用零、部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识。

(2) 掌握常用机构的基本理论及设计方法，掌握通用零、部件的失效形式，设计准则与设计方法。

(3) 具备机械设计实验技能和设计简单机械及传动装置的基本技能。

0.2.3 本课程的学习方法

本课程是一门综合性、实践性很强的课程，它的学习方法如下：

(1) 学习知识的同时要注意能力的培养。学习知识是为了解决机械设计中的实际问题,所以要把培养能力放在重中之重的位置,多练习、多实践有助于提高学生的设计能力。

(2) 学习理论的同时要坚持联系实际,联系整体机械系统进行综合分析。本课程比其他专业基础课更贴近于实际,只有在学习理论的同时,坚持联系工程实际才能加深对理论知识的理解。

(3) 必须重视结构设计。结构设计是本课程的一个重要的组成部分。结构设计是设计人员设计构思的具体实现,没有结构设计就不可能进行机器的生产。所以结构设计在整个机械设计中占有很重要的地位,必须高度重视。

0.3 机械设计的基本要求、一般程序和设计方法

0.3.1 机械设计的基本要求

机械设计应满足下列要求:

(1) 要满足预期功能要求。满足预期功能要求是机械设计首要的要求。

(2) 要满足市场和经济性要求。机械产品设计中,应始终以满足市场和经济性要求为导向,将机械产品设计、销售、制造三方面作为一个整体考虑。如果机械产品有市场需要,但其价格昂贵,它最终会被市场所淘汰;如果机械产品无市场需要,即使其价格再便宜,也不会被市场所接受,所以要做到市场和经济性的统一。

(3) 要满足工艺性要求。机械产品的工艺性是指机械产品的加工和装配是否可行、合理、经济。设计人员必须关心产品的加工、装配以及包装、运输整个过程。

(4) 要满足操作和维修方便要求。机械产品如果操作和维修不方便,它就不会被使用者所接受。

(5) 要保证安全性和可靠性要求。安全性和可靠性也是在机械设计中应该非常重视的问题。如果机械产品的安全性和可靠性不够,就会出现事故,造成人身和财产损失。

(6) 要符合环境保护和造型美观要求。随着社会的发展,环境问题和造型美观越来越受到人们的关注。

0.3.2 机械设计的一般程序

机械设计一般可按下列程序进行:

(1) 明确设计要求,编制详细的任务书。要进行机械设计,首先必须弄清设计对象的预期功能、有关指标及限制条件,编制详细的任务书。任务书中应明确