



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

机械设计基础

主编 银金光 江湘颜



 冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



扫码看动画



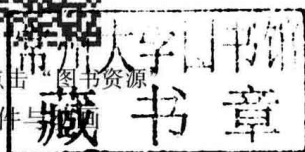
普通高等教育“十三五”规划教材

机械设计基础

主 编 银金光 江湘颜
副主编 余江鸿 邹培海
陈义庄 邓英剑
主 审 李 光



微信“扫一扫”，点击“图书资源”
获取本书课件与习题



北 京
冶金工业出版社
2018

内 容 提 要

本书是根据教育部对普通高等院校《机械设计基础》课程教学的基本要求和《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》有关文件的精神,为培养普通高等应用型大学近机类和非机类宽口径专业学生的综合机械设计能力和创新能力,以适应当前教学改革的需要编写而成的。

本书共 17 章,第 1~8 章主要讲述了常用机构的工作原理、特点、设计及机械动力学的基本知识,第 9~17 章讲述了常用的机械传动、常用联接、轴系零部件等的工作原理、主要结构、基本设计理论和设计方法。

本书可作为高等院校近机类各专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/银金光,江湘颜主编. —北京:冶金工业出版社,2018.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7689-2

I. ①机… II. ①银… ②江… 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 (2018) 第 008381 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 刘晓飞 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7689-2

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版,2018 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.5 印张;493 千字;309 页

47.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

根据教育部对普通高等院校《机械设计基础》课程教学的基本要求和《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》有关文件的精神,为培养普通高等应用型大学近机类和非机类宽口径专业学生的机械综合设计能力和创新能力,以适应当前教学改革的需要而编写了本教材。

在本教材编写中,主要考虑了以下几个方面:

(1) 重点突出、侧重设计和应用。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,侧重以设计为主线,加强了基本理论及其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所限的情况下,力求少而精,突出重点,精选内容,侧重设计和应用。

(2) 本书结合多年的教学实践经验,在内容编排上注重以设计为主线的思想,力求内容新颖,图文并茂,讲解通俗易懂,注重培养学生的创新素质与设计思维能力。书中带“*”的章节为选学内容,便于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力求合理,以保证概念把握准确,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) 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。

本书由银金光、江湘颜任主编,余江鸿、邹培海、陈义庄、邓英剑任副主编,其中第 1、5、12 章由银金光编写,第 4、10、11、13 章由江湘颜编写,第 2、3 章由陈义庄编写,第 6、14、15 章由余江鸿编写,第 7 章由李历坚和银金

光编写，第8、9章由邓英剑编写，第16、17章由邹培海编写。本书由李光教授任主审。另外在编写过程中，得到了许多专家的帮助和指点，如邱显焱、刘扬、米承继、汤迎红、李硕、吴吉平和栗新等，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 本课程的研究对象	1
1.1.1 本课程的研究对象	1
1.1.2 基本概念	2
1.2 本课程的主要内容和任务	3
1.2.1 本课程的主要内容	3
1.2.2 本课程的主要任务	3
1.3 机械设计的基本要求与一般过程	3
1.3.1 对机器设计的基本要求	3
1.3.2 机械设计的一般过程	4
1.4 机械设计方法	4
1.4.1 机械传统设计方法	5
1.4.2 机械现代设计方法简介	5
小结	6
思考与习题	6
2 平面机构的结构分析及速度分析	7
2.1 平面机构的组成	7
2.1.1 构件的自由度与约束	7
2.1.2 运动副的分类	7
2.2 平面机构的运动简图	8
2.2.1 平面机构运动简图的概念	8
2.2.2 平面机构运动简图的绘制	10
2.3 平面机构自由度	12
2.3.1 平面机构自由度的计算公式	12
2.3.2 机构具有确定相对运动的条件	12
2.3.3 计算平面机构自由度时的注意事项	13
*2.4 速度瞬心法及应用	16
2.4.1 速度瞬心的概念及机构中速度瞬心的数目	16
2.4.2 机构中瞬心位置的确定	17
2.4.3 速度瞬心法的应用举例	18
小结	18

思考与习题	18
3 平面连杆机构	21
3.1 平面四杆机构的类型	21
3.1.1 铰链四杆机构	21
3.1.2 四杆机构的演化	23
3.2 平面四杆机构的工作特性	26
3.2.1 曲柄存在的条件	26
3.2.2 急回特性与行程速比系数	27
3.2.3 压力角和传动角	28
3.2.4 死点位置	29
3.3 平面四杆机构的设计	30
3.3.1 用图解法设计四杆机构	31
3.3.2 用实验法设计四杆机构	33
*3.3.3 用解析法设计平面四杆机构	34
小结	36
思考与习题	36
4 凸轮机构	38
4.1 凸轮机构的特点和类型	38
4.1.1 凸轮机构的特点及应用	38
4.1.2 凸轮机构的类型	38
4.2 从动件的常用的运动规律	40
4.2.1 凸轮机构的基本名词和术语	40
4.2.2 从动件常用的运动规律	41
4.2.3 从动件运动规律的选择	44
4.3 用图解法设计凸轮轮廓	45
4.3.1 对心移动从动件盘形凸轮轮廓的绘制	45
4.3.2 偏置尖顶移动从动件盘形凸轮轮廓的绘制	47
4.3.3 尖顶摆动从动件盘形凸轮轮廓的绘制	48
*4.4 用解析法设计凸轮轮廓	49
4.4.1 凸轮的理论轮廓曲线方程	49
4.4.2 凸轮的实际轮廓曲线方程	50
4.4.3 刀具中心运动轨迹方程	51
4.5 凸轮机构设计时应注意的问题	51
4.5.1 滚子半径的选择	51
4.5.2 平底长度 L 的确定	52
4.5.3 压力角与传力性能	52
4.5.4 基圆半径 r_b 的确定	53

*4.5.5 凸轮机构的结构	53
小结	54
思考与习题	54
5 齿轮机构	56
5.1 齿轮机构的特点和类型	56
5.1.1 齿轮机构的特点及应用	56
5.1.2 齿轮机构的类型	56
5.2 渐开线齿轮的齿廓与啮合特性	57
5.2.1 齿廓啮合基本定律	57
5.2.2 渐开线的形成与特性	58
5.2.3 渐开线齿廓的啮合特性	59
5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	60
5.3.1 外齿轮的主要参数和几何尺寸	60
5.3.2 内齿轮的主要参数和几何尺寸	62
5.3.3 标准齿条的简介	63
*5.3.4 径节制简介	63
5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	63
5.4.1 正确啮合条件	63
5.4.2 连续传动条件	64
5.4.3 标准中心距	65
5.5 渐开线齿轮的加工	66
5.5.1 加工方法	66
5.5.2 根切与最少齿数	68
*5.5.3 齿轮测量	69
*5.6 变位齿轮的简介	70
5.6.1 变位齿轮的提出	70
5.6.2 变位原理和变位齿轮的类型	70
5.6.3 变位齿轮的特点	71
5.6.4 变位齿轮传动的类型	72
5.7 斜齿圆柱齿轮机构	73
5.7.1 齿廓形成及啮合特点	73
5.7.2 基本参数及几何尺寸的计算	74
5.7.3 标准斜齿轮的啮合传动	76
5.7.4 当量齿轮和当量齿数	77
5.7.5 斜齿轮机构的主要优缺点	77
5.8 标准直齿圆锥齿轮机构	78
5.8.1 圆锥齿轮及传动特点	78
5.8.2 标准直齿圆锥齿轮的基本参数和几何尺寸的计算	78

5.8.3 当量齿轮	80
5.9 蜗杆蜗轮机构	81
5.9.1 蜗杆蜗轮机构的特点	81
5.9.2 蜗杆蜗轮机构的类型	82
5.9.3 蜗杆蜗轮机构的正确啮合条件	83
5.9.4 蜗杆蜗轮机构的主要参数和几何尺寸	84
小结	88
思考与习题	88
6 轮系	90
6.1 轮系的类型	90
6.1.1 平行轴轮系和非平行轴轮系	90
6.1.2 定轴轮系和周转轮系	90
6.2 定轴轮系传动比的计算	91
6.2.1 定轴轮系传动比的计算公式	91
6.2.2 计算时的注意事项	92
6.3 周转轮系传动比计算	94
6.3.1 周转轮系的组成	94
6.3.2 周转轮系传动比计算公式	94
6.3.3 计算时的注意事项	95
6.4 复合轮系传动比计算	96
6.5 轮系的应用	98
* 6.6 几种特殊的行星传动简介	100
6.6.1 渐开线少齿差行星传动	100
6.6.2 摆线针轮行星传动	100
6.6.3 谐波齿轮传动	101
小结	101
思考与习题	102
7 其他常用机构	104
7.1 棘轮机构	104
7.1.1 棘轮机构的工作原理及特点	104
7.1.2 齿式棘轮机构类型及其应用	104
7.1.3 摩擦式棘轮机构	106
7.1.4 棘轮机构的主要参数和几何尺寸	107
7.2 槽轮机构	108
7.2.1 槽轮机构的工作原理和基本型式	108
7.2.2 槽轮机构的特点和应用	109
7.2.3 槽轮机构的设计要点	110

7.2.4 槽轮机构的尺寸计算	110
7.3 不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构简介	111
7.3.1 不完全齿轮机构	111
7.3.2 凸轮式间歇运动机构	111
7.4 螺旋机构	112
7.4.1 螺旋机构的工作原理及类型	112
7.4.2 螺旋机构的特点及功能	113
小结	113
思考与习题	114
8 回转件的平衡与机械速度波动调节	115
8.1 回转件的平衡	115
8.1.1 平衡的目的与分类	115
8.1.2 刚性回转件的平衡	116
8.2 机械速度波动调节	120
8.2.1 周期性速度波动的调节	121
8.2.2 非周期性速度波动的调节	122
小结	123
思考与习题	123
9 机械零件设计概论	125
9.1 机械零件设计基础知识	125
9.1.1 机械零件的失效	125
9.1.2 机械零件的载荷和应力	125
9.1.3 机械零件的设计准则	127
9.1.4 机械零件设计的一般步骤	128
9.2 机械零件的常用材料及热处理简介	129
9.2.1 金属材料	129
9.2.2 非金属材料	130
9.2.3 机械零件材料的选用原则	131
9.2.4 热处理工艺简介	131
9.3 机械零件的工艺性及标准化	132
9.3.1 机械零件的工艺性	132
9.3.2 机械零件的标准化	133
小结	133
思考与习题	134
10 带传动设计	135
10.1 带传动的工作原理、类型和特点	135

10.1.1 带传动的工作原理	135
10.1.2 摩擦式带传动的类型	135
10.1.3 带传动的工作特点和适用范围	136
10.2 V带和V带轮	136
10.2.1 V带的结构和标准	136
10.2.2 V带轮的材料和结构设计	137
10.3 带传动的受力分析和弹性滑动	139
10.3.1 带传动的受力分析	139
10.3.2 带传动的最大有效拉力及其影响因素	140
10.3.3 带传动的弹性滑动和打滑	141
10.4 带传动的应力分析和设计准则	142
10.4.1 带传动的应力分析	142
10.4.2 带传动的主要失效形式	143
10.4.3 V带传动的设计准则和基本额定功率	143
10.5 带传动的设计计算	146
10.5.1 已知条件 and 设计内容	146
10.5.2 设计步骤和设计参数的选择	146
10.6 带传动的张紧、安装和维护	151
10.6.1 带传动的张紧	151
10.6.2 V带的安装和维护	152
小结	152
思考与习题	152
11 链传动设计	154
11.1 链传动的类型和应用	154
11.1.1 链传动的类型	154
11.1.2 链传动的工作特点和适用范围	154
11.2 链条和链轮	155
11.2.1 链条	155
11.2.2 链轮	157
11.3 链传动的运动特性	158
11.3.1 链传动的运动不均匀性	158
11.3.2 链传动的动载荷	160
11.4 滚子链传动的设计	160
11.4.1 链传动的失效形式	160
11.4.2 额定功率 P_0	161
11.4.3 中、高速 ($v \geq 0.6\text{m/s}$) 链传动的设计	162
11.4.4 低速链传动 ($v < 0.6\text{m/s}$) 的设计	164
11.5 链传动的布置、润滑和张紧	166

11.5.1 链传动的布置	166
11.5.2 链传动的润滑	167
11.5.3 链传动的张紧	167
小结	168
思考与习题	168
12 齿轮传动设计	169
12.1 齿轮的失效形式与材料选择	169
12.1.1 齿轮传动的形式	169
12.1.2 齿轮的主要失效形式	169
12.1.3 齿轮的材料和热处理	171
12.2 齿轮的精度	173
12.2.1 精度等级	173
12.2.2 精度等级选择	173
12.2.3 侧隙、齿厚偏差	174
12.3 标准直齿圆柱齿轮传动的载荷计算	174
12.3.1 轮齿的受力分析	174
12.3.2 计算载荷	175
12.4 标准直齿圆柱齿轮传动的设计	175
12.4.1 齿面接触疲劳强度	175
12.4.2 齿根弯曲疲劳强度	178
12.4.3 齿轮材料的许用应力	179
12.4.4 齿轮的主要设计参数	180
12.4.5 标准直齿轮传动的设计步骤与示例	181
12.5 标准斜齿圆柱齿轮传动设计	183
12.5.1 轮齿的受力分析	184
12.5.2 齿面接触疲劳强度	185
12.5.3 齿根弯曲疲劳强度	185
12.5.4 标准斜齿轮传动的设计示例	187
12.6 标准直齿圆锥齿轮传动设计	190
12.6.1 轮齿的受力分析	190
12.6.2 标准直齿圆锥齿轮传动的强度设计	191
12.6.3 标准直齿圆锥齿轮传动的设计示例	192
12.7 齿轮的结构设计	194
12.7.1 齿轮轴	195
12.7.2 实心式齿轮	195
12.7.3 腹板式齿轮	195
12.7.4 轮辐式齿轮	195
12.7.5 组合式齿轮	196

12.8 齿轮传动的润滑	196
12.8.1 润滑剂的选择	197
12.8.2 润滑方式的选择	198
* 12.9 蜗杆传动设计	199
12.9.1 蜗杆传动的失效形式和设计准则	199
12.9.2 蜗杆、蜗轮的材料和结构	199
12.9.3 蜗杆传动的受力分析与强度计算	201
12.9.4 蜗杆传动设计示例	203
12.9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	204
小结	206
思考与习题	207
13 联接	209
13.1 机械制造中常用的螺纹	209
13.1.1 螺纹的形成	209
13.1.2 螺纹的主要参数	209
13.1.3 螺纹的类型、特点及应用	210
13.2 普通螺纹联接	212
13.2.1 普通螺纹联接的基本类型及应用	212
13.2.2 常用螺纹联接件	213
13.3 螺旋副的受力分析、自锁条件及效率	215
13.3.1 螺旋副的受力分析	215
13.3.2 自锁条件	216
13.3.3 螺旋副的效率	216
13.4 螺纹联接的预紧、防松及结构设计	217
13.4.1 螺纹联接的预紧	217
13.4.2 螺纹联接的防松	217
13.4.3 螺栓组联接的结构设计要点	219
13.5 螺栓联接的强度计算	220
13.5.1 松螺栓联接的强度计算	220
13.5.2 紧螺栓联接的强度计算	221
13.5.3 螺纹联接件的常用材料及其许用应力	223
13.6 键联接	225
13.6.1 键联接的类型、标准及应用	225
13.6.2 平键联接的尺寸选择和强度计算	228
13.7 花键和销联接	230
13.7.1 花键联接	230
13.7.2 销联接	231
小结	232

思考与习题	232
14 滚动轴承	234
14.1 滚动轴承的基本知识	234
14.1.1 滚动轴承的基本构造	234
14.1.2 滚动轴承的材料	235
14.1.3 滚动轴承的结构特性	235
14.1.4 滚动轴承的类型、性能及特点	235
14.1.5 滚动轴承的代号	238
14.2 滚动轴承类型的选用	240
14.2.1 滚动轴承承受的载荷情况	240
14.2.2 滚动轴承的转速	241
14.2.3 自动调心性能	241
14.2.4 经济性	241
14.2.5 其他方面	241
14.3 滚动轴承的受力分析、失效形式和计算准则	243
14.3.1 滚动轴承的受力分析	243
14.3.2 滚动轴承的失效形式	244
14.3.3 滚动轴承的计算准则	244
14.4 滚动轴承的寿命及载荷的计算	244
14.4.1 基本额定寿命和基本额定动载荷	244
14.4.2 滚动轴承的当量动载荷及计算	245
14.4.3 滚动轴承的寿命计算公式	247
14.4.4 向心角接触轴承和圆锥滚子轴承轴向载荷 F_A 的计算	248
14.4.5 滚动轴承静载荷的计算	251
14.5 滚动轴承的组合设计	252
14.5.1 滚动轴承的轴向固定与定位	252
14.5.2 轴与轴承组合的支承结构	253
14.5.3 滚动轴承的配合选用	254
14.5.4 滚动轴承的安装和拆卸	255
14.5.5 轴承组合的调整	255
14.5.6 支承部位的刚度和同轴度	256
14.6 滚动轴承的润滑和密封	257
14.6.1 滚动轴承的润滑	258
14.6.2 滚动轴承的密封	259
小结	260
思考与习题	261

15 滑动轴承	262
15.1 滑动轴承的结构类型	262
15.1.1 径向滑动轴承的结构类型	262
15.1.2 止推滑动轴承的结构类型	264
15.2 轴瓦和轴承材料	265
15.2.1 轴瓦的结构	265
15.2.2 滑动轴承材料	268
15.3 不完全油膜滑动轴承的设计计算	271
15.3.1 不完全油膜滑动轴承的失效形式和计算准则	271
15.3.2 径向滑动轴承的设计计算	271
15.3.3 止推滑动轴承的设计计算	272
15.4 滑动轴承的润滑	273
15.4.1 滑动轴承的润滑剂及其选用	273
15.4.2 滑动轴承的润滑方法及装置	274
15.4.3 润滑方法的选择	276
* 15.5 流体膜滑动轴承简介	276
15.5.1 液体动压径向滑动轴承	276
15.5.2 液体静压滑动轴承简介	279
15.5.3 气体轴承简介	280
小结	281
思考与习题	281
16 轴的设计	282
16.1 轴的用途、类型和设计要求	282
16.1.1 轴的用途	282
16.1.2 轴的类型	282
16.1.3 有关的基本名词和术语	284
16.1.4 轴的设计要求及设计步骤	284
16.2 轴的材料	284
16.3 最小轴径的估算	285
16.4 轴的结构设计	286
16.4.1 轴上主要零件的布置	286
16.4.2 各轴段直径和长度的确定	286
16.4.3 轴上零件的轴向固定和定位	287
16.4.4 轴上零件的周向固定	289
16.4.5 轴的结构工艺性	289
16.5 轴的强度计算	290
* 16.6 轴的刚度计算及临界转速的概念	295

16.6.1 轴的刚度计算简介	295
16.6.2 轴的临界转速简介	296
小结	296
思考与习题	297
17 其他常用零部件	298
17.1 联轴器	298
17.1.1 固定式刚性联轴器	298
17.1.2 可移式刚性联轴器	298
17.1.3 弹性联轴器	299
17.1.4 联轴器的选择	301
17.2 离合器	302
17.2.1 牙嵌式离合器	302
17.2.2 圆盘摩擦式离合器	303
* 17.3 弹簧	305
17.3.1 弹簧的功能	305
17.3.2 弹簧的种类	305
17.3.3 弹簧的材料和制造	306
17.3.4 弹簧的特性曲线	307
17.3.5 橡胶弹簧简介	307
17.3.6 空气弹簧	307
小结	308
思考与习题	308
参考文献	309

1.1 本课程的研究对象

1.1.1 本课程的研究对象

人类为了满足生产和生活的需要,设计和创造了各种各样的机器。在现代社会中,机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志。

在日常生活和生产中,都会接触过许多机器,例如汽车、缝纫机、洗衣机、复印机以及各种机床等。各种不同的机器,具有不同的结构、用途和原理,它们具有什么共同的特点呢?

如图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机,它是由曲轴 1、连杆 2、活塞 3、缸体 4、阀杆 5、凸轮 6、齿轮 7 和 8 等所组成。燃气推动活塞作往复移动,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;两个齿轮用来保证进、排气阀与活塞之间形成协调动作。这样,当燃气推动活塞运动时,各构件协调的动作,进、排气阀有规律地启闭,加上汽化点火等装置的配合,就把热能转化为曲轴回转的机械能。

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 等所组成的。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。

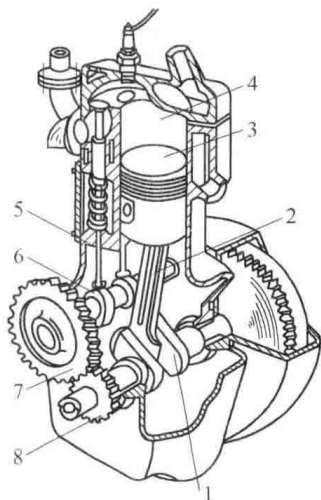


图 1-1 单缸内燃机

1—曲轴; 2—连杆; 3—活塞; 4—缸体;
5—阀杆; 6—凸轮; 7, 8—齿轮

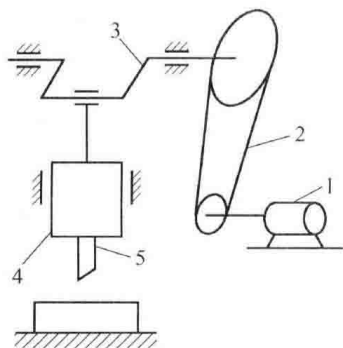


图 1-2 冲床示意图

1—电动机; 2—传动带; 3—曲轴; 4—滑块; 5—冲头