

高等职业教育“十二五”规划教材
中国高等职业技术教育研究会推荐
高等职业教育精品课程

机械基础

(第2版)

孙红丁 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书将机械工程材料、机械工程力学、机械制造工艺与装配、机械设计等机械基础课程进行了整合优化,以适应目前教学改革和人才培养的需要。全书分四篇共17章,主要内容有:工程材料及热处理,静力学、材料力学,金属制造工艺与选择、机械加工工艺与装配,平面机构的运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构和其他常用机构、连接、带传动和链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、轴、轴承、弹簧等。各章配有适量的例题和习题以及必要的资料。

本书可作为普通高等学校、高等职业院校机械类、近机类专业的教材,亦可作为成人教育学院机械类、高等教育自学考试相关专业的教学用书,以及有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/孙红,丁韧主编.—2版.—北京:国防工业出版社,2011.8

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07642-4

I. ①机… II. ①孙…②丁… III. ①机械学-高等职业教育-教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 157702 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21¼ 字数 489 千字

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各院校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育制造类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技能型人才,这就要求我们高等职业教育制造类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育制造类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的机械设计制造类专业、自动化类专业、机电设备类专业、汽车类专业的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方 新

前 言

本书是新世纪高职高专教学改革研究课题成果系列教材之一,适用于机电、数控、模具、汽车等机械类和近机类专业。根据教育部“新世纪高职高专教育机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”课题改革方案的要求,突出当前高职高专教育的特点,认真总结和充分吸收各院校近年来的教改成果和成功经验,汲取了国内同类教材的精华编写而成。参考学时数为 80 学时~100 学时。

本书有以下特点:

1. 将工程材料及热处理、工程力学、机械制造工艺与装配、机械设计等内容进行优化整合,以适应高职高专教学改革的需要。
2. 以培养应用型人才为目标,贯彻高职高专教育基础理论“以应用为目的”,以“必须、够用为度”的原则,精选内容,突出实用性,体现高职高专教育的特色。
3. 采用国际单位制,尽量采用已正式颁布的最新国家标准和有关的技术规范、数据及资料。
4. 每个章节都配有一定量的例题和习题,以深化教学内容,注重联系工程实际,加强应用理论知识解决实际问题能力的训练。

参加本书编写工作的有孙红、丁韧、李东和、陈运胜、付强、吕野楠、牛卉原、陈晓红、付兴娥、张威。全书由孙红、丁韧任主编,李东和、付强、陈运胜任副主编。全书由孙红教授统稿,赵波教授主审。

本书编写过程中,得到了辽宁省交通高等专科学校、陕西工业职业技术学院、沈阳市装备制造工程学校、华立科技职业学院、辽宁科技学院等院校的大力支持,在此表示衷心的感谢!本书编写过程中参考了一些国内同类著作,在此特向有关作者致谢!

本书可作为高等职业院校机械类、近机类专业的教材,亦可作为成人教育学院机械类、高等教育自学考试相关专业的教学用书,以及有关工程技术人员的参考用书。

由于编者水平有限,难免有不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

高等职业教育制造类专业“十二五”规划教材 编审专家委员会名单

主任委员 方 新（北京联合大学教授）

刘跃南（深圳职业技术学院教授）

委 员（按姓氏笔画排列）

白冰如（西安航空职业技术学院副教授）

刘克旺（青岛职业技术学院教授）

刘建超（成都航空职业技术学院教授）

米国际（西安航空技术高等专科学校副教授）

孙 红（辽宁省交通高等专科学校教授）

李景仲（江苏财经职业技术学院教授）

段文洁（陕西工业职业技术学院副教授）

徐时彬（四川工商职业技术学院副教授）

郭紫贵（张家界航空工业职业技术学院副教授）

黄 海（深圳职业技术学院副教授）

蒋敦斌（天津职业大学教授）

韩玉勇（枣庄科技职业学院副教授）

颜培钦（广东交通职业技术学院教授）

总 策 划 江洪湖

《机械基础(第2版)》 编委会名单

主 编	孙 红	丁 韧		
副主编	李东和	付 强	陈运胜	
编 委	孙 红	丁 韧	李东和	付 强
	吕野楠	牛卉原	陈晓红	付兴娥
	陈运胜	张 威		
主 审	赵 波			

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 本课程研究的对象	1
0.2 本课程的内容、性质和任务	2

第一篇 机械工程材料

第 1 章 工程材料及热处理	5
1.1 金属材料的力学性能	5
1.1.1 强度和塑性	5
1.1.2 硬度	5
1.1.3 冲击韧度	7
1.1.4 疲劳强度	7
1.2 金属与合金的结构及铁碳合金相图	8
1.2.1 纯金属的晶体结构及其结晶	8
1.2.2 合金的晶体结构	11
1.2.3 铁碳合金相图	12
1.3 钢的热处理	16
1.3.1 钢热处理的组织转变原理	16
1.3.2 常用的热处理方法	19
1.3.3 热处理零件的结构工艺性	21
1.4 常用金属材料	22
1.4.1 钢	22
1.4.2 铸铁	25
1.4.3 有色金属及硬质合金	25
1.5 常用非金属材料简介	28
1.5.1 高分子材料	28
1.5.2 陶瓷材料	29
1.5.3 复合材料	29
习题	30

第二篇 机械工程力学

第 2 章 静力学	33
2.1 静力学分析基础	33

2.1.1	静力学基本概念	33
2.1.2	静力学公理	34
2.1.3	约束与约束反力	35
2.1.4	构件的受力分析及受力图	37
2.2	力矩与平面力偶系	38
2.2.1	力矩及其计算	38
2.2.2	力偶和力偶矩	39
2.3	平面力系	41
2.3.1	平面汇交力系	41
2.3.2	力的平移定理	43
2.3.3	平面任意力系的简化	43
2.3.4	平面任意力系的平衡条件	44
2.3.5	平面平行力系的平衡方程	46
2.3.6	物系的平衡	46
2.4	摩擦与自锁	47
2.4.1	滑动摩擦	48
2.4.2	考虑摩擦时的平衡问题	49
2.4.3	摩擦角和自锁现象	49
	习题	50
第3章	材料力学	54
3.1	杆件拉伸和压缩强度计算	54
3.1.1	轴向拉伸和压缩的概念	54
3.1.2	轴向拉压杆的内力	55
3.1.3	轴向拉伸和压缩的应力应变	56
3.1.4	材料在拉伸和压缩时的力学性能	60
3.1.5	拉压杆的强度计算	63
3.2	杆件剪切和挤压强度计算	65
3.2.1	剪切强度计算	65
3.2.2	挤压强度计算	66
3.3	圆轴扭转强度计算	68
3.3.1	圆轴扭转的内力	68
3.3.2	圆轴扭转时的应力	70
3.3.3	圆轴扭转的强度和刚度计算	72
3.4	直梁弯曲强度计算	74
3.4.1	平面弯曲的概念	74
3.4.2	梁弯曲时的内力	75
3.4.3	梁弯曲时横截面上的应力	81
3.4.4	梁弯曲时的强度计算	84
3.4.5	梁的变形和刚度计算	87

3.5 组合变形	89
3.5.1 组合变形的概念及分析方法	89
3.5.2 拉(压)弯组合变形强度计算	90
3.5.3 圆轴弯扭组合变形强度计算	92
习题	95

第三篇 机械制造工艺与装配

第4章 金属制造工艺与选择	99
4.1 铸造生产	99
4.1.1 铸造的工艺基础	99
4.1.2 砂型铸造	100
4.2 锻压生产	102
4.2.1 锻压的工艺基础	102
4.2.2 自由锻造	103
4.2.3 模型锻造	104
4.2.4 板料冲压	105
4.3 焊接生产	106
4.3.1 焊接的工艺基础	106
4.3.2 焊条电弧焊	107
4.3.3 气焊	110
4.4 金属切削加工	111
4.4.1 切削加工基础	111
4.4.2 金属切削刀具	113
4.4.3 金属切削过程	114
4.4.4 常用切削加工简介	117
4.5 材料及成形工艺选择	124
4.5.1 零件的失效分析	124
4.5.2 材料及成形工艺选择原则	125
4.5.3 材料选择的步骤	126
习题	127
第5章 机械加工工艺与装配	128
5.1 机械加工工艺过程	128
5.1.1 生产过程和工艺过程	128
5.1.2 机械加工工艺过程的组成	128
5.1.3 生产纲领和生产类型	130
5.2 机械加工工艺规程的制定	132
5.2.1 工艺规程的概念和作用	132
5.2.2 制定工艺规程的步骤	132
5.2.3 工艺文件	133

5.2.4 零件结构工艺性	133
5.3 工艺路线的拟定	135
5.4 机械装配工艺基础	136
5.4.1 概述	136
5.4.2 装配工作的基本内容	137
5.4.3 装配方法	138
5.4.4 装配系统图和装配顺序	140
习题	141

第四篇 机械设计

第6章 平面机构的运动简图及自由度	143
6.1 平面机构的组成	143
6.1.1 构件的自由度	143
6.1.2 运动副及其分类	143
6.1.3 运动链和机构	144
6.1.4 机构中构件的分类	145
6.2 平面机构运动简图	145
6.2.1 机构运动简图	145
6.2.2 运动副的常用符号	146
6.2.3 平面机构运动简图的绘制	147
6.3 平面机构的自由度	148
6.3.1 自由度计算公式	148
6.3.2 机构具有确定运动的条件	148
6.3.3 计算自由度时应注意的问题	149
习题	151
第7章 平面连杆机构	154
7.1 平面四杆机构的基本类型及应用	154
7.1.1 平面连杆机构的组成	154
7.1.2 铰链四杆机构的类型和应用	155
7.1.3 铰链四杆机构存在曲柄的条件	157
7.1.4 含有移动副的四杆机构	158
7.2 平面四杆机构的运动特性	161
7.2.1 急回特性	161
7.2.2 压力角和传动角	162
7.2.3 死点位置	163
7.3 铰链四杆机构的设计	164
7.3.1 按给定连杆位置设计四杆机构	164
7.3.2 按给定行程速度变化系数 K 设计四杆机构	165
习题	166

第 8 章 凸轮机构和其他常用机构	168
8.1 凸轮机构的应用和分类	168
8.1.1 凸轮机构的特点	168
8.1.2 凸轮机构的分类	169
8.2 常用的从动件运动规律	171
8.2.1 平面凸轮机构的基本尺寸和运动参数	171
8.2.2 常用的从动件运动规律	171
8.2.3 从动件运动规律的选择	173
8.3 盘形凸轮轮廓曲线设计	173
8.3.1 对心移动尖顶从动件盘形凸轮轮廓的设计	174
8.3.2 对心移动滚子从动件盘形凸轮轮廓的设计	175
8.3.3 偏置移动尖顶从动件盘形凸轮轮廓的设计	176
8.4 凸轮设计中的几个问题	177
8.4.1 凸轮机构的压力角和自锁	177
8.4.2 基圆半径的确定	178
8.4.3 滚子半径的确定	178
8.5 间歇运动机构	179
8.5.1 棘轮机构	179
8.5.2 槽轮机构	182
8.5.3 不完全齿轮机构	183
8.5.4 凸轮式间歇运动机构	184
习题	184
第 9 章 连接	186
9.1 螺纹连接	186
9.1.1 螺纹	186
9.1.2 螺纹连接	188
9.1.3 螺纹连接件	189
9.1.4 螺纹连接的预紧和防松	190
9.1.5 螺栓连接的强度计算	192
9.1.6 螺栓连接件的材料和许用应力	194
9.1.7 提高螺栓连接强度的措施	195
9.2 键连接和销连接	196
9.2.1 键连接	196
9.2.2 销连接	200
9.3 联轴器、离合器和制动器	200
9.3.1 联轴器	201
9.3.2 离合器	205
9.3.3 制动器	207
习题	208

第 10 章 带传动和链传动	209
10.1 带传动概述	209
10.1.1 带传动的组成	209
10.1.2 带传动的主要类型	209
10.1.3 带传动的特点	210
10.2 带传动的工作性能分析	210
10.2.1 带传动的受力分析	210
10.2.2 带传动的应力分析	212
10.2.3 带传动的弹性滑动	212
10.3 普通 V 带和带轮的结构与材料	213
10.3.1 普通 V 带的结构和标准	213
10.3.2 普通 V 带轮的常用材料和结构	215
10.4 普通 V 带传动的设计	216
10.4.1 带传动的失效形式和设计准则	216
10.4.2 V 带传动的设计步骤	218
10.4.3 V 带传动的张紧、安装和维护	223
10.5 链传动	224
10.5.1 链传动概述	224
10.5.2 滚子链	226
10.5.3 链传动的运动特性	228
10.5.4 链传动的主要失效形式	230
10.5.5 链传动的润滑和布置	230
习题	231
第 11 章 齿轮传动	232
11.1 齿轮传动的特点和类型	232
11.1.1 齿轮传动的特点	232
11.1.2 齿轮传动的类型	232
11.2 渐开线与渐开线齿廓	233
11.2.1 渐开线的形成及其性质	233
11.2.2 渐开线齿廓的啮合特性	234
11.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	235
11.3.1 齿轮各部分名称	235
11.3.2 主要参数和几何尺寸	236
11.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	237
11.4.1 正确啮合条件	237
11.4.2 连续传动条件	238
11.4.3 标准中心距	239
11.5 渐开线齿轮的切齿原理	240
11.5.1 渐开线齿轮的加工方法	240

11.5.2	根切现象和最少齿数	242
11.5.3	变位齿轮简介	243
11.5.4	齿轮的精度等级	244
11.6	齿轮传动的失效形式与设计准则	244
11.6.1	失效形式	244
11.6.2	设计准则	245
11.6.3	齿轮的常用材料	246
11.7	渐开线直齿圆柱齿轮传动的强度计算	246
11.7.1	轮齿的受力分析和计算载荷	246
11.7.2	齿面接触疲劳强度计算	247
11.7.3	齿根弯曲疲劳强度计算	248
11.7.4	齿轮的许用应力和参数选择	249
11.8	斜齿圆柱齿轮传动	253
11.8.1	斜齿轮齿廓曲面的形成及其啮合特点	253
11.8.2	斜齿轮参数与尺寸计算	254
11.8.3	正确啮合条件与重合度	256
11.8.4	斜齿圆柱齿轮的当量齿数	256
11.8.5	斜齿圆柱齿轮传动的设计计算	257
11.9	直齿圆锥齿轮传动	259
11.9.1	圆锥齿轮传动概述	259
11.9.2	直齿圆锥齿轮传动的主要参数	260
11.10	齿轮的结构设计及润滑	260
11.10.1	齿轮的结构	260
11.10.2	齿轮传动的润滑	261
	习题	262
第 12 章	蜗杆传动	264
12.1	蜗杆传动的类型和特点	264
12.1.1	蜗杆传动的类型	264
12.1.2	蜗杆传动的特点	265
12.2	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	265
12.2.1	蜗杆传动的主要参数	265
12.2.2	蜗杆传动的几何尺寸计算	267
12.3	蜗杆传动的失效形式、材料和精度	268
12.3.1	齿面间滑动速度 v_s	268
12.3.2	失效形式	268
12.3.3	蜗杆蜗轮常用材料	268
12.3.4	蜗杆传动的精度等级	269
12.4	蜗杆传动的强度计算	269
12.4.1	受力分析	269

12.4.2 强度计算	270
12.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	270
12.5.1 蜗杆传动的效率	270
12.5.2 蜗杆传动的润滑	271
12.5.3 蜗杆传动的热平衡计算	272
12.6 蜗杆和蜗轮的结构	272
12.6.1 蜗杆的结构	272
12.6.2 蜗轮的结构	273
习题	274
第 13 章 齿轮系	276
13.1 轮系的分类	276
13.1.1 定轴轮系	276
13.1.2 行星轮系	276
13.2 定轴轮系的传动比计算	277
13.2.1 一对齿轮的传动比	277
13.2.2 定轴轮系的传动比计算	277
13.3 行星轮系的传动比计算	279
13.3.1 行星轮系的组成	279
13.3.2 行星轮系的传动比	280
13.4 复合轮系的传动比计算	282
13.5 轮系的应用	283
习题	285
第 14 章 轴	287
14.1 轴的概述	287
14.1.1 轴的类型	287
14.1.2 轴的材料	288
14.1.3 轴的设计基本准则	289
14.2 轴的结构设计	290
14.2.1 轴的结构设计要求	290
14.2.2 轴的结构设计步骤	293
14.3 轴的强度及刚度计算	293
14.3.1 轴的强度计算	293
14.3.2 轴的刚度计算	295
14.3.3 轴的设计过程	295
习题	299
第 15 章 轴承	300
15.1 滑动轴承	300
15.1.1 概述	300
15.1.2 滑动轴承的结构	301

15.1.3	轴瓦结构和滑动轴承材料	302
15.1.4	滑动轴承的润滑	304
15.2	滚动轴承	305
15.2.1	滚动轴承的构造	305
15.2.2	滚动轴承的类型及特点	306
15.2.3	滚动轴承的代号	308
15.2.4	滚动轴承的类型选择	310
15.3	滚动轴承的寿命计算	311
15.3.1	滚动轴承的失效形式	311
15.3.2	轴承寿命、基本额定寿命及基本额定动载荷	311
15.3.3	寿命计算公式	312
15.3.4	当量动载荷	313
15.3.5	角接触轴承轴向载荷的计算	314
15.3.6	静强度计算	316
15.4	滚动轴承的组合设计	317
15.4.1	轴系的轴向定位	317
15.4.2	轴向位置的调整	319
15.4.3	提高轴承系统的刚度和同轴度	319
15.4.4	配合和装拆	320
15.4.5	滚动轴承的润滑与密封	321
	习题	322
第 16 章	弹簧	324
16.1	弹簧的功用、类型及材料	324
16.1.1	弹簧的功用	324
16.1.2	弹簧的类型	324
16.1.3	弹簧的材料和制造	325
16.2	圆柱螺旋弹簧	327
16.2.1	圆柱螺旋弹簧的结构	327
16.2.2	圆柱形螺旋弹簧的参数和主要尺寸	328
16.2.3	弹簧的稳定性	329
	习题	329
	参考文献	330

第 0 章 绪 论

为了满足生活和生产的需要,人类创造并发展了机械。从杠杆、斜面、滑轮到汽车、拖拉机、内燃机、自行车、缝纫机、洗衣机、打印机、电动机、机床、机械手、机器人等,标志着生产力不断地向前发展。当今世界,人们越来越离不开机械了。学习机械知识,掌握一定的机械设计、制造、运用、维护与修理方面的理论、方法和技能,对于现代工程技术人员是十分必要的。

0.1 本课程研究的对象

本课程研究的对象是机械,它是工程中机器与机构的总称。

图 0-1 所示为牛头刨床,是由床身 1、齿轮 2 和 3、滑块 4、导杆 5、刨头 6 及其他辅助部分所组成的机器。电动机通过带传动(图中未画出)驱动齿轮 2、3 转动来实现减速,又通过滑块 4 推动导杆 5 摆动,再通过导杆带动刨头 6 作往复直线运动而完成刨削动作。由此可以看出,电动机是为刨床提供运动与动力源的原动装置,带传动、齿轮传动与导杆机构组成了刨床运动与动力传递的传动装置,而刨头则是刨床完成工作任务的执行装置。通过这些装置的协同动作,实现了将电动机的电能转换为刨刀往复切削的机械能而完成有用功的目的。

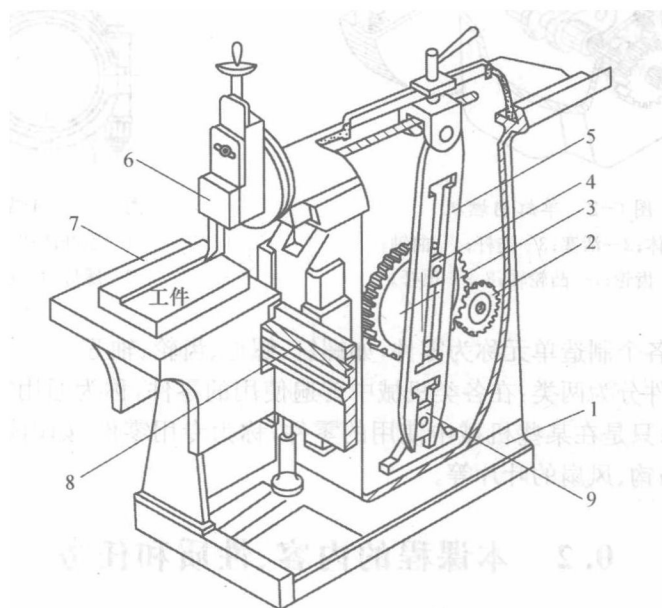


图 0-1 牛头刨床

1—床身;2、3—齿轮;4、9—滑块;5—导杆;6—刨头;7—工作台;8—导轨。

图 0-2 所示为单缸内燃机,由缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮轴 7、顶杆 8 和 9 等组成。当燃气推动活塞 2 在汽缸内作往复移动时,通过连杆 3 使曲轴 4 作连续转动,曲轴上的齿轮 5 和凸轮轴上的齿轮 6 啮合带动凸轮轴 7 和顶杆 8、9 实现进排气阀有规律的启闭,从而把燃气产生的热能转换为机械能。该内燃机主要包括由活塞、连杆、曲轴和机架组成的曲柄滑块机构,齿轮与机架组成的齿轮机构和由凸轮、顶杆与机架组成的凸轮机构。

由以上实例可以得知,机器是人类用以减轻或代替体力劳动和提高劳动生产率的主要生产工具。它的特征为:机器是多个实物的组合体;各个实物之间具有确定的相对运动;能代替或减轻人类的劳动,有效地完成机械功或转换机械能。机构则是用来传递力和运动的,它只具备机器的前两个特征。

组成机构的基本运动单元体称为构件。它可以由单一的零件,如内燃机中的曲轴;也可以由若干个相互间没有相对运动的零件所组成,如图 0-3 所示的连杆,是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 组成的整体。

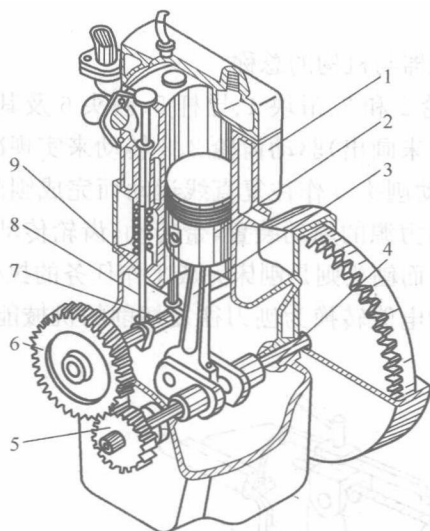


图 0-2 单缸内燃机

1—缸体;2—活塞;3—连杆;4—曲轴;
5、6—齿轮;7—凸轮轴;8、9—顶杆。

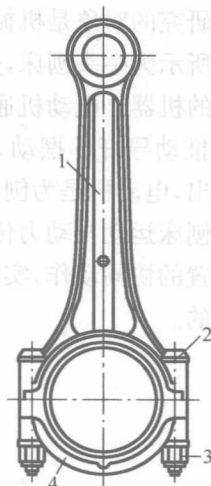


图 0-3 内燃机连杆

1—连杆体;2—螺栓;
3—螺母;4—连杆盖。

组成机械的各个制造单元称为零件,如螺钉、螺母、齿轮、轴等。

机械中的零件分为两类:在各类机械中普遍使用的零件,称为通用零件,如齿轮、轴、轴承、螺栓、键等;只是在某些机械中使用的零件,称为专用零件,如内燃机中的活塞、曲轴、起重机中的吊钩、风扇的叶片等。

0.2 本课程的内容、性质和任务

机械基础课程主要讲述机械中的常用机构和传动装置以及通用零件的工作原理、运动特性、承载能力、结构特点、材料选择、制造工艺、使用维护、国家标准和规范等知识。共