

JIXIE SHEJI JICHU



高职高专“十一五”规划教材

机械设计基础

李 琰 齐保林 主编



化学工业出版社

JIXIE SHEJI JICHU



高职高专“十一五”规划教材

机械设计基础

李 琰 齐保林 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书根据课程综合化教学改革的需要,对知识结构进行了适当调整,理论内容“够用、管用”,更侧重于实际应用能力的培养。本书采用了最新的标准和规范,主要内容包括:平面机构的运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构、齿轮系、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、轴承、联轴器、离合器、制动器、联接、弹簧、起重机零件、机械的调速与平衡。考虑到实践教学的需要,本书设置有丰富的练习题和18个实验实训项目,利于学生基本技能的训练。本书图文并茂,可使读者轻松学习。

本书可作为高职高专制冷、化工、包装、食品、电气电子类专业师生的教学用书,也可作为成人教育、中职相关专业和职业培训的参考用书,还可供相关领域工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/李琰,齐保林主编. —北京:化学工业出版社,2009.2

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-04557-7

I. 机… II. ①李…②齐… III. 机械设计-高等学校:技术学院-教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第213669号

责任编辑:梁静丽 李娜 李植峰 装帧设计:尹琳琳
责任校对:洪雅姝

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数441千字 2009年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00元

版权所有 违者必究

《机械设计基础》编审人员名单

主 编 李 琰 齐保林

副 主 编 周万春 李桂芹

编写人员 (按姓名汉语拼音排列)

黄 站 立 漯河职业技术学院

李 凤 枝 内蒙古大学

李 桂 芹 河北交通职业技术学院

李 琰 郑州牧业工程高等专科学校

刘 继 军 中州大学

齐 保 林 郑州牧业工程高等专科学校

任 艺 商丘职业技术学院

王 海 霞 济宁职业技术学院

张 继 军 河南工业贸易职业学院

周 万 春 中州大学

主 审 魏庆葆 郑州牧业工程高等专科学校

前 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》以及《高职高专教育机械设计基础教学基本要求》文件明确要求，高职高专学生除了具备一定的理论知识外，更注重和强调运用所学知识分析和解决实际问题的能力。《机械设计基础》重在培养学生的认知能力、应用能力和创新能力，具有较强的综合性和实践性。通过本课程的学习，可使学生获得认识、使用和维修机械装备的基本知识，培养学生具有通用零件和一般机械的设计能力。

本书紧密结合高职高专机械设计基础教学改革的需要，融“教、学、做”为一体，重在强化学生能力的培养。本书在编写中，结合编者长期教学积累的经验与体会，在理论“必需、够用、管用”的前提下，精简了机械设计繁杂的理论推导，增加了实践教学的课时数，包括内容丰富的练习题和18个实验实训项目，使机械设计教学真正体现了设计零件和设计机械的目的，实现培养学生理论联系实际的工作能力和技术应用能力。另外，考虑到高职高专多层次教学的需要，本书在编写中尽力做到知识面和内容深度兼顾，使其有较广的适应面。本书在编写中采用了国家最新的标准，力求体现学科与技术的发展。

本书的编写分工如下：李琰（第一、八章），齐保林（第六、七、十章），周万春（第二、三章），刘继军（第四、五章），王海霞（第九章），张继军（第十一章、第十二章），李凤枝（第十四章），李桂芹（第十三、十五章），任艺（第十六章），黄站立（第一章第四、五节），李琰负责全书统稿整理。本书由魏庆葆主审，并对教材提出了许多宝贵的意见和建议；本书在编写过程中参考了一些同行老师的文献资料，在此特向上述人员表示衷心的感谢！

实践教学改革是一项探索发展的过程，加之编者水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，我们将即时调整和改进，并表示诚挚的感谢！

编 者

2009年1月

目 录

第一章 绪论	1		
第一节 概述	1	第四节 机械零件常用材料	5
一、机械的分类	1	一、常用金属材料	5
二、机器的功能组成及结构特征	1	二、常用非金属材料	10
第二节 本课程的内容、性质和任务	3	第五节 常用金属材料的主要性能指标及概念	12
一、本课程的研究内容	3	一、金属材料的静态力学性能	12
二、本课程的性质和任务	3	二、金属材料的动态力学性能	15
第三节 机械设计的基本要求和一般过程	4	三、其他性能简介	16
一、机械设计应满足的基本要求	4	【练习题】	16
二、机械设计的一般过程	4		
第二章 平面机构的运动简图和自由度	18		
第一节 平面机构的组成	18	二、构件的表示方法	23
一、平面机构的组成要素	18	第三节 平面机构自由度的计算	25
二、平面运动副的分类	19	一、平面机构的自由度	25
三、平面机构中构件的类型	20	二、机构具有确定运动的条件	25
第二节 平面机构运动简图的绘制	22	三、计算平面机构自由度时的注意事项	26
一、平面机构运动副的符号	22	【练习题】	29
第三章 平面连杆机构	32		
第一节 平面连杆机构的应用	32	三、偏心轮机构	38
一、铰链四杆机构的基本类型及应用	32	第三节 平面四杆机构的设计	38
二、铰链四杆机构类型的判别	34	一、按给定连杆位置设计四杆机构	38
第二节 铰链四杆机构的演化型式及应用	35	二、按给定的行程速比系数设计四杆机构	39
一、曲柄滑块机构	35	【练习题】	40
二、导杆机构	35		
第四章 凸轮机构	42		
第一节 凸轮机构的应用和分类	42	的设计	48
一、凸轮机构的组成、特点和应用	42	三、偏置移动尖顶从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	49
二、凸轮机构的分类	43	第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	49
第二节 从动件的运动规律	44	一、压力角	50
一、凸轮机构的基本参数	44	二、基圆半径的选取	50
二、常用从动件运动规律	45	三、滚子半径的选取	51
第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计方法	46	四、平底从动件平底尺寸的确定	51
一、对心移动尖顶从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	47	五、凸轮的结构及材料	51
二、对心移动滚子从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	47	【练习题】	52

第五章 间歇运动机构	54
第一节 槽轮机构	54
一、槽轮机构工作原理	54
二、槽轮机构主要参数	55
第二节 棘轮机构	55
一、棘轮机构的工作原理及其应用	55
二、棘爪工作条件	57
第三节 不完全齿轮机构	57
一、不完全齿轮机构的组成	57
二、不完全齿轮机构的特点和应用	58
第四节 凸轮式间歇运动机构	58
一、凸轮式间歇运动机构的工作原理及类型	58
二、凸轮式间歇运动机构的特点和应用	59
【练习题】	59
第六章 齿轮机构	60
第一节 齿轮机构的特点和类型	60
一、齿轮机构的特点	60
二、齿轮机构的类型	60
第二节 齿廓啮合基本定律	62
第三节 渐开线齿廓	63
一、渐开线的形成及其特性	63
二、渐开线齿廓满足定传动比的要求	64
三、中心距可分性	64
四、齿廓间正压力的方向不变	65
五、齿廓间存在相对滑动	65
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	65
一、齿轮各部分名称和符号	65
二、渐开线标准齿轮的基本参数	66
三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	68
四、标准齿条	69
五、内齿轮	69
第五节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合	70
一、渐开线齿轮正确啮合的条件	70
二、标准安装和标准中心距	71
三、渐开线齿轮连续传动的条件	71
第六节 渐开线齿轮的切齿原理	72
一、仿形法加工齿轮	72
二、范成法加工齿轮	73
第七节 根切现象、最少齿数及变位齿轮	75
一、根切现象和最少齿数	75
二、变位齿轮	75
第八节 渐开线斜齿圆柱齿轮机构	76
一、齿廓曲面的形成及其啮合特点	76
二、斜齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	77
三、斜齿轮传动的重合度	78
四、斜齿圆柱齿轮正确啮合的条件	79
五、斜齿轮的当量齿轮与当量齿数	79
六、斜齿轮传动主要特点	80
第九节 直齿圆锥齿轮机构	81
一、圆锥齿轮传动的应用、特点和分类	81
二、直齿圆锥齿轮齿廓曲面的形成	82
三、圆锥齿轮的背锥和当量齿数	82
四、直齿圆锥齿轮的基本参数和几何尺寸计算	83
【练习题】	84
第七章 齿轮系	86
第一节 定轴轮系及其传动比计算	87
一、一对齿轮的传动比	87
二、定轴轮系传动比的计算	88
第二节 周转轮系及其传动比计算	90
一、周转轮系的分类	90
二、周转轮系传动比计算	90
第三节 混合轮系及其传动比计算	93
第四节 轮系的应用	94
一、实现远距离传动	94
二、获得大传动比	94
三、实现变速传动	95
四、实现运动的合成与分解	95
五、实现换向传动	96
第五节 其他行星齿轮传动简介	97
一、渐开线少齿差行星齿轮传动	97
二、摆线针轮行星轮系传动	98
三、谐波齿轮传动	99
第六节 减速器	100
一、常用减速器的主要类型、特点和应用	100
二、减速器传动比的分配	101
三、减速器的结构	102
【练习题】	102

第八章 带传动与链传动	104
第一节 带传动的特点和类型	104
一、带传动的特点和应用	104
二、带传动的类型	104
第二节 V 带的标准和带轮的结构	105
一、V 带的类型、结构和标准	105
二、V 带轮结构	107
第三节 带传动的工作情况分析	108
一、带传动的受力及应力	108
二、带传动的弹性滑动和打滑	110
第四节 V 带传动的设计方法	111
一、带传动的失效形式和设计准则	111
二、单根 V 带所能传递的基本额定功率	111
三、V 带传动的设计	111
第五节 带传动的张紧、使用和维护	115
一、带传动的张紧	115
二、带传动的使用和维护	116
第六节 同步带传动的特点、结构和标准	118
一、同步带传动特点	118
二、同步带的结构和标准	118
第七节 链传动的特点和类型	122
一、链传动的特点和应用	122
二、链传动的类型	122
第八节 滚子链和链轮	122
一、滚子链的结构	122
二、滚子链的标准	123
三、链轮	124
第九节 链传动的运动特性	125
一、平均链速和平均传动比	125
二、瞬时链速和瞬时传动比	125
第十节 滚子链传动的设计计算	126
一、链传动的主要失效形式	126
二、滚子链的额定功率曲线	126
三、滚子链传动的设计计算	127
四、参数选择和设计计算	128
第十一节 链传动的布置、张紧和润滑	129
一、链传动的布置	129
二、链传动的张紧和润滑	129
【练习题】	131
第九章 齿轮传动	132
第一节 概述	132
一、齿轮传动的类型	132
二、齿轮设计的一般步骤	132
第二节 齿轮传动的失效形式及计算准则	133
一、齿轮传动的失效形式	133
二、齿轮传动的计算准则	135
第三节 齿轮常用材料的选择	135
一、齿轮常用材料及其热处理	135
二、齿轮的精度等级	137
第四节 齿轮传动的受力分析及计算载荷	137
一、齿轮传动的受力分析	138
二、齿轮传动的计算载荷	140
第五节 直齿圆柱齿轮的弯曲强度计算	140
一、齿根应力	140
二、齿形系数	141
三、齿轮的弯曲疲劳计算	141
第六节 直齿圆柱齿轮齿面接触强度计算	143
一、接触应力的计算	143
二、抗接触疲劳许用应力的计算	144
三、齿轮主要参数的选择	144
四、齿面接触强度计算	146
第七节 斜齿圆柱齿轮传动	148
一、斜齿轮齿面接触疲劳强度计算	148
二、斜齿轮齿根弯曲强度计算	148
第八节 齿轮的结构设计与润滑	149
一、齿轮的结构设计	149
二、齿轮传动的效率和润滑	150
【练习题】	152
第十章 蜗杆传动	155
第一节 蜗杆传动的特点和类型	155
一、蜗杆传动的特点和应用	155
二、蜗杆传动的类型	155
三、蜗杆传动的精度等级	157
第二节 蜗杆机构的基本参数和几何尺寸计算	157
一、蜗杆传动的基本参数	157
二、蜗杆蜗轮的几何尺寸计算	160
三、蜗杆传动正确啮合的条件	160
第三节 蜗杆传动的受力分析	162
第四节 蜗杆传动的失效形式、计算准则、常用材料及结构	163
一、蜗杆传动的失效形式	163
二、蜗杆传动的计算准则	163
三、蜗杆和蜗轮的材料	163
四、蜗杆和蜗轮的结构	164

第五节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	165	二、蜗杆传动的润滑	165
一、蜗杆传动的效率	165	三、蜗杆传动的热平衡计算	167
		【练习题】	168
第十一章 轴	170		
第一节 轴的类型	170	一、键联接	175
一、按轴的承载情况分类	170	二、花键联接	178
二、按轴线形状分类	170	三、销联接	179
第二节 轴的结构设计	172	第五节 轴过盈联接	181
一、零件在轴上的轴向固定	172	一、轴过盈联接的原理与装配方法	181
二、零件在轴上的周向定位	174	二、轴过盈联接的特点	181
第三节 轴的材料及选择	174	【练习题】	181
第四节 轴毂联接	175		
第十二章 轴承	182		
第一节 轴承概述	182	一、滚动轴承的构造和类型	188
第二节 滑动轴承	182	二、滚动轴承的代号	189
一、滑动轴承的类型及特点	182	三、滚动轴承的选用	189
二、轴瓦的结构与材料	184	四、滚动轴承的组合设计	192
三、滑动轴承的润滑	185	五、滚动轴承的润滑和密封	195
第三节 滚动轴承	188	【练习题】	197
第十三章 联轴器、离合器、制动器	198		
第一节 联轴器	198	二、摩擦式离合器	204
一、刚性联轴器	198	第三节 制动器	205
二、弹性联轴器	201	一、块式制动器	205
第二节 离合器	203	二、带式制动器	206
一、牙嵌式离合器	203	【练习题】	206
第十四章 螺纹联接	207		
第一节 螺纹的类型及应用	207	一、螺纹联接的基本类型	211
一、螺纹的形成及类型	207	二、螺纹紧固件	212
二、螺纹的基本参数	208	第四节 螺纹联接的预紧和防松	213
三、常用螺纹的特点及应用	209	一、螺纹联接的预紧	213
第二节 螺旋副的受力分析、效率与自锁	209	二、螺纹联接的防松	214
一、螺旋副中的摩擦力	209	第五节 螺旋传动	215
二、螺旋副的受力分析、效率与自锁	210	一、螺旋传动按其用途分类	215
第三节 螺纹联接的基本类型及螺纹紧固件	211	二、螺旋传动按其摩擦性质分类	215
		【练习题】	216
第十五章 弹簧、起重机零件	217		
第一节 弹簧的功用和类型	217	一、弹簧的制造	219
一、弹簧的功用	217	二、弹簧的材料	220
二、弹簧的分类	217	三、弹簧的许用应力	220
三、圆柱螺旋弹簧的结构	218	第三节 钢丝绳	221
第二节 弹簧的制造、材料和许用应力	219	一、钢丝绳的构造	222

二、钢丝绳的分类	222	四、钢丝绳的使用与维护	223
三、钢丝绳的选用	223	【练习题】	224
第十六章 机械的调速与平衡	225		
第一节 机械速度波动的调节	225	一、回转件平衡的目的	229
一、机械速度波动调节的目的和方法	225	二、回转件的静平衡原理及其试验	230
二、周期性速度波动的调节	226	三、回转件的动平衡原理及其试验	233
第二节 回转件的平衡	229	【练习题】	235
实验实训	236		
【实验实训一】 机器的组成认识	236	【实验实训九】 轴系结构的测绘与分析	252
【实验实训二】 机构运动简图及测绘	237	【实验实训十】 润滑与密封装置的分析	253
【实验实训三】 凸轮制作	238	【实验实训十一】 滑动轴承与滚动轴承应用 分析	256
【实验实训四】 渐开线齿轮范成原理	241	【实验实训十二】 联轴器的安装与调试	257
【实验实训五】 减速器的结构分析和 拆装	243	【实验实训十三】 离合器的安装与调试	258
【实验实训六】 带传动、链传动、同步带传 动特点	246	【实验实训十四】 螺纹联接件的应用	258
【实验实训七】 渐开线直齿圆柱齿轮参数的 测定	246	【实验实训十五】 弹簧的使用	259
【实验实训八】 蜗杆传动效率测定	249	【实验实训十六】 起重机零件的操作	259
		【实验实训十七】 回转构件的静平衡	259
		【实验实训十八】 回转构件的动平衡	261
参考文献	263		

第一章 绪 论

【教学要求】 了解机械设计研究对象和基本要求；机械设计的方法和机械零件设计步骤；理解机械零件的工作能力和设计准则。

【本章重点】 机械基本概念：机器、机构、构件、零件、机器功能组成和结构特征。

机器是人类在生产和生活中用以代替或减轻人的体力劳动、改善劳动条件、提高劳动生产率 and 提高产品质量的主要工具。机器一般由原动机、传动装置、工作机和控制装置组成。机械是机器和机构的总称。在现代社会中，机器一般的发展水平与社会的发展水平密切相关，已经成为衡量社会科技发展程度的重要标志之一。

第一节 概 述

一、机械的分类

随着现代工业的发展，使机械科学产生了质的飞跃，根据常用机械的结构、性能和用途各不相同，大致分四类。

加工机械：用于加工物料结构、形状、性质、状态。如食品加工机、包装机、印刷机、粉碎机、各类金属加工机械（铣床、刨床、车床）、各专业机械等。

动力机械：实现机械能与其他形式能量之间的转换。如内燃机、汽轮机、电动机、发电机等。

运输机械：用于改变物料与人类空间位置的机械。如起重机，升降机，所有的交通运输工具（飞机、轮船、汽车、机车）等。

信息机械：用来获取、转换和传递各种信息的机械。如绘图机、复印机、打印机、传真机、数码相机等。

二、机器的功能组成及结构特征

对于一台具体的机械我们通称为机器。各类机器虽然用途不同但其功能组成具有相同的部分。下面通过两个实例来分析机械及组成。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机，主要由汽缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、进排气凸轮 7 和 8、进排气推杆 9 和 10 等组成。工作时，燃气燃烧推动活塞在汽缸内往复运动，并通过连杆使曲轴转动，从而将燃气产生的热能转变为曲轴回转的机械能。为保证曲轴每转动 2 周进、排气门各开一次，在曲轴和凸轮之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮 5 和 6，分别与曲轴和凸轮轴固联。当燃气推动活塞运动时，齿轮 5 带动齿轮 6 转动，凸轮轴上的凸轮 7 和 8 分别推动推杆 9 和 10 使进、排气门有规律地开启和关闭，使可燃气体定时的进入汽缸燃烧并使燃烧后的废气排出，从而实现了曲轴的连续转动。

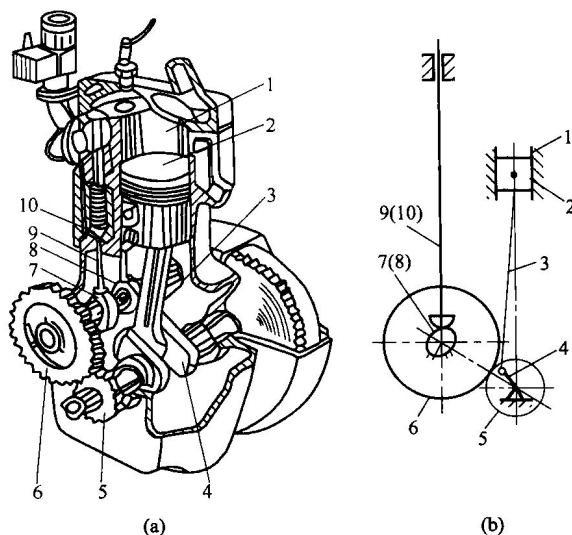


图 1-1 单缸内燃机

凡将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机。内燃机是一种常用原动机。

图 1-2 所示为颚式破碎机，主要由电动机 1、带轮 2 和 4、带 3、偏心轴 5、动颚 6、定颚 7 等组成。V 带轮 2 安装在电动机轴上，它与电动机轴一起转动，通过 V 带 3 驱动带轮 4 转动，大带轮与偏心轴 5 固连在一起，从而带动动颚 6 运动，动颚被连接在肘板 8 上，动颚与固定不动的定颚 7 之间形成了破碎腔，动颚在运动过程中把物料破碎，从而完成有效的机械功。颚式破碎机是一种破碎机械，广泛应用于各行各业。

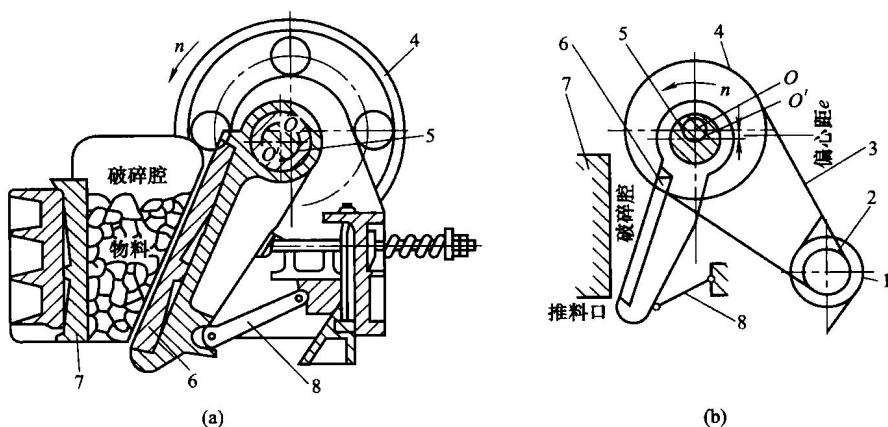


图 1-2 颚式破碎机

从功能和能量变换的角度来说，机器既能实现确定的相对运动，又能提供能量形式的转换。

从运动的角度来说，机器是由机构组成的，一部机器可以包含一个或若干个机构。机构是用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统，能够实现确定的相对运动，从而完成运动的传递或转换。如内燃机中的曲柄滑块机构能把活塞的往复移动转换为曲轴的旋转运动；齿轮机构能够实现曲轴和凸轮之间的转速变换；凸轮机构能把凸轮的转动转换成推杆的往复移动。

显然，机构和机器在运动学上并无区别，所以把机构和机器统称为机械。

从功能的角度来说，机器一般包含原动部分、传动部分、执行部分和控制部分。原动部分可以采用人力、畜力、风力、液力、热力、电力等作为动力源，其中利用热力和电力的原

动力（电动机和内燃机）应用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成，是机器的主体。控制部分包括各种控制机构（如内燃机中的凸轮机构）、电器装置、计算机和液压系统、气压系统等。

从制造加工的角度来说，机器是由零件组成的。零件是机器中每个能单独加工的单元体，即制造的单元，如螺钉、键、带、齿轮、轴、弹簧等。为完成同一使命在结构上组合在一起并协调工作的零件称为部件，如联轴器、滚动轴承、减速器等。机械零件这一术语也常来泛指零件和部件。

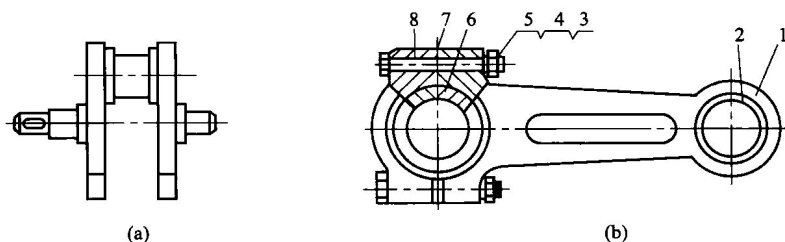


图 1-3 构件与零件

机构是由构件组成的，构件是机构中每个作相对运动的单元体，即运动的单元。构件可以是一个零件，也可以是由若干个零件连接在一起组成的刚性的机构。例如图 1-3（a）所示的曲轴和图 1-3（b）所示的连杆都是构件。曲轴构件只有一个零件，而连杆则有连杆体 1、轴瓦 2 和 6、螺栓 3、螺母 4 和垫圈 5、垫片 7 和连杆盖 8 等零件组成的刚性机构。这些零件之间没有相对运动，成为一个构件。

机械中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等。在各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如齿轮、轴、螺栓等。只能在一定类型的机械中使用的零件称为专用零件，如内燃机中的曲轴、活塞等。此外，经过优化、简化、统一，并给予标准代号的零件和部件称为标准件，如螺栓、滚动轴等。在正常运转过程中容易损坏，并在规定期限内必须更换的零件称为易损件。

第二节 本课程的内容、性质和任务

一、本课程的研究内容

机械设计基础课程的主要内容是：机械设计的基本原则、基本理论及方法；常用机构和通用零件的工作原理、性能特点、结构类型、基本设计理论和计算方法；机械动力学（如调速和平衡）的基本知识；国家标准及规范的应用，以及一些零部件的选用原则和方法等。

本书着重研究常用机构（平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系机构及间歇运动机构）的基本知识、常用机械联接（螺纹联接、键联接和花键联接）、机械传动（螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆蜗轮传动）、轴系零部件（轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器）和其他零部件（弹簧）等。

二、本课程的性质和任务

机械设计基础课程是一门基础课。本课程综合运用机械制图、工程力学、工程材料、机械制造基础等必修课程的知识，来解决机械设计中的一些问题，为以后专业课程中有关机械

内容的课程打下一定的理论基础,为工艺、运行、管理工作的技术人员在了解各种机械传动原理、设备的准确使用和维护及设备的故障分析等方面提供必要的基本知识。

本课程的主要任务是培养学生达到以下技能目标。

① 掌握机构的结构原理、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析和设计基本机构的能力,并对机械运动方案的确定有所了解。

② 掌握通用机械零部件的工作原理、特点、选用和设计计算基本知识,并初步具有设计简单机械及普通机械传动的能力。

③ 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

④ 能通过实验来验证理论,巩固和加深对理论的理解。

⑤ 对机械设计的新发展有所了解。

本课程是一门涉及面广的并且偏重于应用的课程。学习中要重视理论联系实际,注重分析和解决问题的方法,学会综合运用本课程的知识来解决具体的机械设计问题。

第三节 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计应满足的基本要求

① 具有预定功能的要求:所设计制造的机器必须实现预定的功能,这是机械设计的最基本出发点。为此,靠合理地选择机械的工作原理,正确的设计或选用能够实现预定功能要求的执行机构、传动机构和原动机,以及合理的配置必要的辅助系统来实现。

② 经济性要求:机器的经济性是一个综合指标,在机械的设计、制造、使用、销售、维修、管理等各个环节均有体现。在设计制造方面机械成本要低;在使用维修等方面机械的生产率、效率要高,耗能及管理和维护费用要低。

③ 安全性要求:安全性是指使用机器的人的安全及机器工作时本身的安全。因此,要采取各种各样的防护措施,如防护罩、过载保护装置等。

④ 可靠性要求:关于可靠性的要求是在机器的组织日趋复杂的背景下发展起来的。可靠性是指机器在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。可靠性水平高说明机器在使用过程中发生故障的概率小,能正常工作的时间长。

⑤ 操作使用方便的要求:在设计机器时应该注意操作轻便省力;操作机构要适应人的生理条件;改善操作者及机器的使用环境,降低机器运转时的噪声等。

⑥ 其他特殊要求:有些机器还有一些特殊的要求。如食品机械有保持清洁和防止污染的要求,建筑机械有便于拆装和搬运的要求,交通运输机械有减轻质量的要求等。机械设计时,在满足基本要求的前提下,还应着重满足这些特殊要求,以提高机械的使用性能和保证机械的工作质量。

二、机械设计的一般过程

一部新的机械从着手设计到完成,大致要经过以下几个阶段。

① 制定设计工作计划:在深入调查研究的基础上,根据社会、市场的需求确定所设计机器的功能范围和性能指标;根据现有的技术、资料及研究成果研究其实现的可能性,明确设计中要解决的关键问题;拟订设计工作计划和设计任务书。

② 方案设计:按照设计任务书的要求,了解分析同类机械的设计、生产和使用情况以

及制造厂的生产水平；在功能分析的基础上，提出可采取的实现功能的方案；拟订机器系统的组成、总体布置；确定有关的机构和传动方式。

这一段往往需要制定多种方案进行比较，进行技术经济评价和可行性评价，从中选出最优方案。

③ 技术设计：对已选定的设计方案进行运动学和动力学分析；确定机构和零件的功能参数，必要时进行模拟实验、现场测试，修改参数；计算零件的工作能力，进而确定机器的主要结构尺寸，绘制设计总图。

④ 施工设计：根据技术设计的结果，考虑零件的工作能力和结构工艺性，确定零件的形状和结构尺寸以及配合件的公差；完成零、部件及整机的全部工作图；编写设计说明书和计算书等有关技术文件。

⑤ 试制、实验、鉴定：所设计的机器能否实现预期的全部功能，能否满足所提出的设计要求，其可靠性、经济性等，都必须通过样机试制、实验加以严整。再经过鉴定，进行全面技术经济评价，以决定设计方案是否可用或进行必要的改进设计。即使是可用的方案，一般还需做适当的修改，以便使设计达到最佳化。

⑥ 定型产品设计：经过试制、实验和鉴定，对设计进行必要的修改后，可进行小批量的试生产。经过实际条件下的使用，将取得的数据和使用意见反馈回来，再进一步修改设计，即定型产品设计，然后正式投产。

实际上机械设计的各个阶段是相互联系的，在某个阶段发现问题后，必须返回到前面的有关阶段修改。因此，机械设计的过程是一个不断修改、不断完善、逐渐接近最佳效果的过程。

第四节 机械零件常用材料

一、常用金属材料

金属材料是由金属元素或以金属元素为主而组成的并具有金属特性的工程材料。金属材料包括黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是以铁或以铁为主而形成的物质，如铸铁（碳的质量比 $\omega_c > 2.11\%$ ）和钢（ $\omega_c \leq 2.11\%$ ）；有色金属是指黑色金属以外的其他金属材料。

常用金属材料主要指碳钢（非合金钢）、合金钢、铸铁、有色金属（非铁金属合金）等，它们具有优良的性能，是工业领域的主要材料，在国民经济中扮演着重要角色。

（一）常用钢材料的分类

国家标准 GB/T 13304—91《钢分类》比较系统、详细的规定了钢的分类及表示方法。按钢含碳量分，钢材料可分为低碳钢（ $\omega_c \leq 0.25\%$ ）、中碳钢（ $0.25 < \omega_c < 0.6\%$ ）、高碳钢（ $\omega_c \geq 0.6\%$ ）；按钢的质量（含 S，P 多少）钢材料可分为普通钢、优质钢、高级优质钢；按照用途来分，钢材料可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢等。在实际使用中往往将上述三种分类法结合起来，钢的牌号见表 1-1。

1. 碳素钢

（1）碳素结构钢 碳素结构钢牌号是在“Q”字母后标三位数。“Q”表示屈服极限，三位数表示屈服极限值。例如：Q195、Q235、Q275。其中，Q235 用得最多，分有 A、B、C、D 四个等级，其中 A 级：碳含量 $0.14\% \sim 0.22\%$ ，材料不做冲击要求；B 级：碳含量 $0.12\% \sim 0.20\%$ ，材料做常温冲击要求；C 级：碳含量 $\leq 0.18\%$ ；D 级：碳含量 $\leq 0.17\%$ ，重要焊接结构用钢。碳素结构钢主要用作焊接件、紧固件、轴、支座等。

表 1-1 钢的牌号

序号	分类	牌号原则	典型钢号	典型钢号说明
1	碳素结构钢	“Q”为“屈”字的汉语拼音字首，三位数字表示屈服点；A、B、C、D 表示质量等级，从 A 到 D 依次提高；F、b、Z、TZ 依次表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢	Q235-A·F	质量为 A 级，屈服点 235MPa 沸腾钢
2	优质碳素结构钢	两位数字表示钢的平均碳含量，以万分之几表示，Mn 表示钢的含 Mn 量较高	45	平均碳含量 0.45%
			65Mn	平均碳含量 0.65%，含 Mn 量较高
3	铸造碳钢	“ZG”表示铸钢，后面第一组数字表示屈服点，第二组数字表示抗拉强度	ZG200-400	碳素铸钢，屈服点 200MPa，抗拉强度 400MPa
4	合金结构钢	最前面的数字表示碳含量，以万分之几表示，合金元素后面的数字以百分之几表示该合金的平均含量，含量<1.5%时，一般不标含量；钢号前面为“G”表示滚动轴承钢，合 C 量用千分之几表示	60Si2Mn	平均碳含量 0.60%，平均硅含量 2%，平均锰含量<1.5%
			GCr15SiMn	平均铬含量 1.5%，滚动轴承
5	碳素工具钢	“T”为“碳”字的汉语拼音字首，后面的数字以千分之几表示平均碳含量；“A”表示“高级优质”	T8	平均碳含量 0.8%
			T8A	高级优质工具钢
6	合金工具钢	平均碳含量<1.0%时以千分之几表示，>1.0%时不标；高速钢<1.0%时也不标；合金元素表示方法与合金结构钢相同	5CrMnMo	平均碳含量 0.5%，平均铬含量、锰含量均<1.5%
7	特殊性能钢	平均碳含量以千分之几表示，当平均碳含量<0.03%及<0.08%时，分别用 00 及 0 标注；高速钢<1.0%时也不标；合金元素表示方法与合金结构钢相同	2Cr13	平均碳含量 0.2%，平均铬含量 13%

(2) 优质碳素结构钢 牌号为两位数字。表示平均碳含量万分之几，或百分之零点几。其中，08 为低碳钢，强度低，塑性很好，可制作容器、冷冲压件等。10~25 为低碳钢，强度低，塑性与可焊性好，可制作受力不大，韧性要求高的构件、零件、渗碳件，如容器、冲压件、焊接构件、螺柱等。30~50 为中碳钢，强度高，塑性适中，可焊性差，具有综合的机械性能，可用于制作调质件，如轴、套、齿轮、连杆等。55~70 为高碳钢，强度很高，塑性差，弹性好，可焊性很差，可制作弹性零件及耐磨件，如弹簧、轧辊等。

(3) 碳素工具钢 牌号是在“T”后标一至两位的数字，表示含碳量千分之几。根据对 S 和 P 的控制，碳素工具钢分有优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢。高级优质碳素工具钢牌号后加“A”。碳素工具钢中 T10、T10A 硬度高，耐磨，常用作冷冲模、量规等。T7、T8 硬度高，较耐磨。T12、T12A 硬度很高，耐磨，用作锉刀、刮刀及手用刀具。碳素工具钢都经热处理后使用，一般采用淬火加低温回火处理，以获得高硬度。

(4) 碳素铸钢 牌号是以“ZG”开头，后面两组数字表示屈服极限和强度极限。其中 ZG200-400 (ZG15) 塑性、韧性和焊接性好，用于受力不大，韧性要求高的零件，如机座、箱体壳等。ZG230-450 (ZG25) 强度较高，塑性、韧性、焊接性和切削性好，用于 400~450℃工作的锅炉、气缸、轴瓦、轴承座、轴承盖等。ZG270-500 (ZG35) 强度较高，塑性、铸造性和焊接性较好，用于强度较高的构件，如机架、连杆、曲拐等。ZG310-570 (ZG45) 强度高，切削性好，用于负荷较高的耐磨件、缸体、大齿轮等。ZG340-640 (ZG55) 强度、

硬度高,耐磨性较好,焊接性差,裂纹敏感性大,用作齿轮、叉头等。

2. 合金钢

(1) 合金结构钢 合金结构钢分为低合金结构钢、合金渗碳钢、合金调质钢和合金弹簧钢。合金结构钢的牌号:前面两位数表示平均含碳量万分之几,或百分之零点几;合金元素后面数字表示该合金平均含量百分之几,一般合金平均含量 $<1.5\%$ 时不标数字。例如:12CrNi3表示含C平均 0.12% ;Cr $<1.5\%$;Ni平均 3% 。低合金结构钢:低合金结构钢碳含量 $\leq 0.2\%$,属于低碳。一般含Mn、Ti、Si、V、Mo、CM、B等合金元素,合金总含量 $\leq 3.5\%$ 。与同样碳含量的碳钢比较,强度、硬度高,塑性、韧性相当,焊接性、冷弯性好。合金渗碳钢:合金渗碳钢的碳含量为 $0.12\% \sim 0.25\%$,属于低碳。一般含Mn、Cr、Ni、B、W、Mo、V、Ti等合金元素,合金总量相当于低合金钢。渗碳降温后直接淬火处理,渗碳层硬度高,耐磨,由于淬透性好,心部的冲击韧性较高。主要用于受冲击,且表面耐磨的零件。合金调质钢的碳含量为 $0.30\% \sim 0.50\%$,属于中碳含量;一般含Mn、Si、Cr、Mo、W等合金元素,用于调质零件、表面淬火零件。合金弹簧钢碳含量为 $0.45\% \sim 0.70\%$,属于中、高碳含量。一般含Mn、Si、Cr、Mo、W、V、B等合金元素。通过淬火加中温回火,具有较高的强度、冲击韧性,用于制作各类弹簧,如65Mn、SiMn、50CrVA。滚动轴承钢:滚动轴承钢的牌号是以“G”开头,碳含量不标,元素后面的数字表示合金含量平均为千分之几。Mn、Si $<1.5\%$ 不标。滚动轴承钢的碳含量为 $0.95\% \sim 1.15\%$,铬含量为 $0.50\% \sim 1.65\%$,属于高碳高铬钢。硬度高、淬透性、耐磨性、抗腐蚀性好。专门用于制作滚动轴承,也可做量具、冷冲模等。采用球化退火后淬火加低温回火热处理工艺。常用的滚动轴承钢有:GCr15。

(2) 合金工具钢 合金工具钢分为合金刀具钢、合金模具钢、合金量具钢。

其中合金刀具钢、合金模具钢的牌号表示为:当碳的含量 $<1.0\%$ 时,用一位数字表示平均碳含量千分之几;当碳含量 $\geq 1.0\%$ 时,不标碳含量;高速钢(高W),不标碳含量;合金元素的标注与合金结构钢相同。如:9SiCr,表示平均含C 0.9% ,Si $<1.5\%$,Cr $<1.5\%$;CrWMn,表示平均含C $\geq 1.0\%$,Cr、W、Mn $<1.5\%$;Cr12,表示平均含C $\geq 1.0\%$,含Cr 12% 。

合金刀具钢:合金刀具钢碳含量为 $0.7\% \sim 1.5\%$,一般含Cr、W、Mo、V、Mn等合金元素。合金刀具钢硬度高、耐磨、红硬性好、淬透性好、回火稳定性高。合金模具钢分为冷模具钢和热模具钢。冷模具钢:冷模具钢碳含量高,一般含Cr、Mn、Mo、V等合金元素;其性能与刀具钢相似,强度、硬度高、耐磨、韧性好。小型轻载、形状简单的模具可用T10A;大型重载、形状复杂的模具可用低合金刀具钢9SiCr、滚动轴承钢GCr15及专用冷模具钢Cr12、Cr12MoV,还可用高速钢W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2。热模具钢:热模具钢碳含量为 $0.3\% \sim 0.6\%$,一般含Cr、Mn、Mo、Ni、W、V等合金元素。热模具钢的回火稳定性好、冲击韧性好、硬度高、耐磨、导热性、热疲劳性和淬透性好。合金量具钢:合金量具钢的碳含量为 $0.9\% \sim 1.5\%$,一般含Cr、W、Mn等合金元素,其性能主要表现为尺寸稳定,耐磨。简单、低精度量具,如样板、量规等可用低碳钢,也可用中碳钢;低精度卡尺、塞规可用T10A、T12A;高精度量具和形状复杂的样板可用低合金工具钢。

3. 特殊性能钢

特殊性能的钢分为:不锈钢、耐热钢及耐磨钢。

(1) 不锈钢 不锈钢是以铬为基本元素,能抵抗大气或其他介质腐蚀的钢。根据使用时的组织分为马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体不锈钢等。

① 马氏体不锈钢(常用牌号有1Cr13、2Cr13、3Cr13、1Cr17Ni2等)有较高强度、硬