

机械设计基础



邓子龙 葛汉林 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013043787

TH122
1197

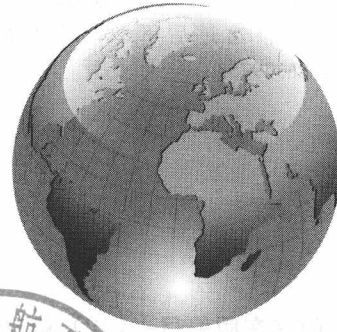
机械设计基础

邓子龙 葛汉林

主编

刘峰 高兴军 丛家慧 邓文娟

参编



机械工业出版社



北航

C1646718

TH122
1197

13004232

本书是根据教育部高等学校机械设计基础课程的教学基本要求编写的。本书紧扣“卓越工程师培养计划”的目标，突出了高等工科院校应用型人才培养的特点，教材内容更贴近工程实践。

为适应目前教学改革的需要，本书将机械原理与机械设计的内容有机结合在一起。全书共分19部分，内容包括：绪论，平面机构运动简图及自由度，平面连杆机构，凸轮机构，齿轮机构，轮系，间歇运动机构，机械的平衡，机械的运转及其速度波动的调节，机械零件设计概论，连接，齿轮传动，蜗杆传动，带传动和链传动，轴，滚动轴承，滑动轴承，联轴器、离合器和制动器，弹簧。每章配有习题，可帮助读者深入理解并掌握所学内容。

本书可作为高等工科学校近机类、机械类专业的教材，也可作为有关工程技术人员的参考书。

本书配有授课电子教案，需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：2399929378，电话：010-88379753）。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计基础/邓子龙，葛汉林主编. —北京：机械工业出版社，2013.6

ISBN 978-7-111-41674-6

I. ①机… II. ①邓…②葛… \ III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第038897号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：和庆娣 责任编辑：和庆娣 版式设计：霍永明

责任校对：申春香 封面设计：刘吉维 责任印制：乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013年5月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 20印张 · 495千字

标准书号：ISBN 978-7-111-41674-6

定价：39.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

“机械设计基础”是高等院校工科机械类各专业的一门重要的技术基础课程。该课程的开设，将使学生从认识机械全貌开始，分析机器的组成、运动关系和通用零部件的功能、结构与设计，直至完成机械传动装置的设计。通过本课程的学习，可提高学生机械设计综合能力、创新能力和解决实际工程问题的能力，更好地适应我国机械制造业对机械设计类人才的需要。

本书是在编者对本课程的教学改革进行多年探索的基础上编写而成的。在本书编写过程中我们仍从满足教学基本要求、整合精选教学内容出发，突出重点，注重实用，深度适中，适当拓宽知识面，反映学科前沿成就，注重理论和实践的结合，培养具有工程实践能力和开拓精神的创新型人才。

本书大致划分为两大部分：第一部分（第1~8章）为机械原理部分，内容包括机械中机构的结构和运动、机器的结构、受力、质量和运动等；第二部分（第9~18章）为机械设计部分，主要讲解机械设计的一般过程，重点是让学生学会利用学过的理论知识和相关资料具体设计机械零部件，如齿轮、蜗杆传动、轴承和轴等。

本书具有以下特点：

1) 将机械原理和机械设计两部分内容有机地结合在一起，并贯彻了理论内容以必须够用为度原则。书中去除了一些比较陈旧的内容，对理论性较强的公式推导过程进行了简化。

2) 体现理论与实践相结合的原则，书中例题，以工程实际为背景。

3) 贯彻并采用最新国家标准。

4) 引入了教学改革的最新成果，有利于扩大学生的知识面，激发创新意识。

本书由辽宁石油化工大学邓子龙、葛汉林、高兴军、刘峰、邓文娟和丛家慧共同编写，由邓子龙和葛汉林任主编并负责统稿。全书共18章，其中绪论、第1章由邓子龙编写；第9、12、13、14章由葛汉林编写；第11、15、16、17章由高兴军编写；第4、10、18章由刘峰编写；第2、3、5章由邓文娟编写；第6、7、8章由丛家慧编写。全书由王晓华教授主审。

本书在编写过程中，参考了同行作者的大量文献，编者在此对有关文献的作者表示衷心的感谢！

由于编写水平有限，书中难免会有疏漏和失误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1
0.1 机器的组成及特征	1
0.2 本课程的内容、地位和任务	3
0.3 机器设计应满足的基本要求和一般程序	3
0.4 机械的现代设计方法简介	4
0.5 习题	5
第1章 平面机构运动简图及自由度	6
1.1 平面机构的组成	6
1.1.1 运动副及分类	6
1.1.2 机构中构件的分类	8
1.2 平面机构运动简图	8
1.2.1 运动副及构件的常用画法	8
1.2.2 常用机构的运动简图符号	10
1.2.3 机构运动简图的绘制	11
1.3 平面机构的自由度	13
1.3.1 平面机构的自由度计算	13
1.3.2 机构具有确定运动的条件	13
1.3.3 计算平面机构自由度时应注意的问题	14
1.4 习题	16
第2章 平面连杆机构	19
2.1 平面连杆机构的类型	19
2.1.1 铰链四杆机构的类型	19
2.1.2 铰链四杆机构的演化	21
2.2 平面四杆机构的基本特性	23
2.2.1 铰链四杆机构存在曲柄的条件	23
2.2.2 运动的急回特性和行程速比系数	24
2.2.3 压力角与传动角	25
2.2.4 死点位置	26
2.3 平面四杆机构的设计	27
2.3.1 用图解法设计平面四杆机构	28
2.3.2 用解析法设计平面四杆机构	29
2.4 用速度瞬心法作平面机构的速度分析	30

2.4.1 速度瞬心及其位置的确定	30
2.4.2 利用速度瞬心法进行平面机构的速度分析	32
2.5 习题	33
第3章 凸轮机构	36
3.1 概述	36
3.1.1 凸轮机构的组成及应用	36
3.1.2 凸轮机构的类型	37
3.2 常用从动件的运动规律	37
3.2.1 凸轮轮廓与从动件的运动关系	38
3.2.2 等速运动规律	38
3.2.3 等加速等减速运动规律	39
3.2.4 简谐运动规律	41
3.3 图解法设计盘形凸轮轮廓	41
3.3.1 反转法	41
3.3.2 直动从动件盘形凸轮轮廓的绘制	42
3.3.3 摆动从动件盘形凸轮轮廓的绘制	43
3.4 凸轮机构基本尺寸的确定	44
3.4.1 凸轮机构的压力角	45
3.4.2 凸轮基圆半径的确定	45
3.4.3 滚子半径的确定	46
3.5 习题	46
第4章 齿轮机构	48
4.1 齿轮机构的特点和类型	48
4.1.1 齿轮机构的特点	48
4.1.2 齿轮机构的类型	48
4.2 齿廓啮合基本定律	49
4.3 渐开线齿廓	50
4.3.1 渐开线的形成	50
4.3.2 渐开线的性质	50
4.3.3 渐开线齿廓的啮合特点	51
4.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	52
4.4.1 直齿圆柱齿轮各部分的名称和符号	52

4.4.2 直齿圆柱齿轮的基本参数	53	第6章 间歇运动机构	83
4.4.3 直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	54	6.1 棘轮机构	83
4.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	55	6.1.1 棘轮机构的组成及其工作特点	83
4.5.1 正确啮合条件	55	6.1.2 棘轮机构的类型及应用	84
4.5.2 正确安装条件	56	6.1.3 棘轮机构设计	85
4.5.3 连续传动条件	56	6.2 槽轮机构	86
4.6 渐开线齿轮齿廓切削加工的原理	57	6.2.1 槽轮机构的组成及工作特点	87
4.6.1 成形法	57	6.2.2 槽轮机构的类型及应用	87
4.6.2 展成法	57	6.2.3 槽轮机构主要参数和几何尺寸计算	88
4.7 渐开线齿廓的根切现象与标准齿轮的最少齿数	59	6.3 凸轮式间歇运动机构	89
4.7.1 根切现象	59	6.3.1 凸轮式间歇运动机构的工作原理和特点	89
4.7.2 最少齿数	59	6.3.2 凸轮式间歇运动机构的类型及应用	90
4.8 变位齿轮	60	6.4 不完全齿轮机构	90
4.9 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	61	6.4.1 不完全齿轮机构的工作原理和特点	90
4.9.1 齿廓曲面的形成	61	6.4.2 不完全齿轮机构的类型及应用	90
4.9.2 基本参数和几何尺寸计算	62	6.5 习题	90
4.9.3 正确啮合条件和重合度	64	第7章 机械的平衡	91
4.9.4 斜齿圆柱齿轮机构的特点	64	7.1 机械平衡的目的及内容	91
4.9.5 当量齿数和最少齿数	65	7.2 刚性转子的平衡计算	91
4.10 直齿锥齿轮机构	65	7.2.1 刚性转子的静平衡计算	92
4.10.1 概述	65	7.2.2 刚性转子的动平衡计算	92
4.10.2 背锥和当量齿数	66	7.3 刚性转子的平衡试验	94
4.10.3 直齿锥齿轮的啮合传动和几何尺寸	68	7.3.1 静平衡试验	94
4.11 习题	69	7.3.2 动平衡试验	95
第5章 轮系	70	7.4 转子的许用不平衡量	95
5.1 轮系及其分类	70	7.5 习题	97
5.1.1 定轴轮系	70	第8章 机械的运转及其速度波动的调节	98
5.1.2 周转轮系	70	8.1 概述	98
5.1.3 复合轮系	71	8.1.1 机械运转的三个阶段	98
5.2 定轴轮系传动比计算	71	8.1.2 机械速度波动的原因及影响	99
5.2.1 定轴轮系主、从动轮转向关系确定	71	8.1.3 机械速度波动的类型及调节方法	99
5.2.2 定轴轮系传动比的计算	72	8.2 机械运转的平均速度和不均匀系数	100
5.3 周转轮系传动比计算	74	8.3 飞轮的简易设计方法	101
5.4 复合轮系传动比计算	76	8.3.1 飞轮设计的基本原理	101
5.5 轮系的功用	77	8.3.2 最大盈亏功的确定	102
5.6 其他新型行星齿轮传动简介	79	8.3.3 飞轮结构和主要尺寸的确定	102
5.6.1 渐开线少齿差行星齿轮传动	79		
5.6.2 摆线针轮传动	79		
5.6.3 谐波齿轮传动	80		
5.7 习题	80		

8.4 习题	103	10.8 提高螺纹连接强度的措施	137
第9章 机械零件设计	105	10.9 螺旋传动	139
9.1 机械零件设计概述	105	10.9.1 螺旋传动的类型及应用	140
9.1.1 机械零件的主要失效形式	105	10.9.2 螺旋传动的结构及材料	140
9.1.2 机械零件的设计准则	106	10.9.3 滑动螺旋副传动的设计计算	141
9.1.3 机械零件设计的方法	107	10.10 键连接	142
9.1.4 机械零件设计的一般步骤	108	10.10.1 键连接的分类、特点及应用	142
9.2 机械零件的强度	108	10.10.2 键的选择与平键连接的强度 计算	144
9.2.1 机械零件的载荷和应力	108	10.11 花键连接	146
9.2.2 许用应力的计算	109	10.11.1 花键连接的分类、特点及 应用	146
9.2.3 安全系数	110	10.11.2 花键连接的强度计算	146
9.2.4 机械零件的接触强度	110	10.12 销连接	147
9.3 润滑与密封概述	112	10.13 过盈配合连接	148
9.3.1 摩擦	112	10.14 习题	149
9.3.2 磨损	113	第11章 齿轮传动	151
9.3.3 润滑	113	11.1 齿轮传动的失效形式和设计准则	151
9.3.4 密封	114	11.1.1 齿轮传动的失效形式	151
9.4 机械零件的常用材料及其选用	114	11.1.2 齿轮传动的设计准则	153
9.4.1 机械零件的常用材料	114	11.2 齿轮的常用材料及许用应力	154
9.4.2 机械零件材料的选择原则	116	11.2.1 齿轮的常用材料	154
9.5 机械零件的工艺性及标准化	117	11.2.2 齿轮材料的选用原则	156
9.5.1 零件结构的工艺性	117	11.2.3 许用应力	157
9.5.2 机械零件的标准化	119	11.3 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	157
9.6 习题	119	11.3.1 轮齿的受力分析	157
第10章 连接	121	11.3.2 计算载荷	158
10.1 螺纹	121	11.3.3 齿面接触疲劳强度计算	158
10.1.1 常用螺纹的类型	121	11.3.4 齿根弯曲疲劳强度计算	160
10.1.2 螺纹的主要参数	122	11.4 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	162
10.1.3 螺纹副的效率和自锁	123	11.4.1 轮齿的受力分析	162
10.1.4 常用螺纹的特点和应用	123	11.4.2 齿面接触疲劳强度计算	163
10.2 螺纹连接的基本类型	124	11.4.3 齿根弯曲疲劳强度计算	164
10.3 螺纹连接的标准连接件	125	11.5 直齿锥齿轮传动的强度计算	164
10.4 螺纹连接的预紧与防松	127	11.5.1 轮齿的受力分析	164
10.4.1 螺纹连接的预紧	127	11.5.2 齿面接触疲劳强度计算	165
10.4.2 螺纹连接的防松	128	11.5.3 齿根弯曲疲劳强度计算	166
10.5 螺栓组连接的设计	129	11.6 标准齿轮传动的设计计算实例 分析	166
10.5.1 螺栓组连接的结构设计	129	11.6.1 齿轮精度等级选择	166
10.5.2 螺栓组连接的受力分析	130	11.6.2 设计参数选择	167
10.6 单个螺栓连接的强度计算	133	11.6.3 齿轮传动设计计算的步骤	168
10.6.1 受拉螺栓连接	133	11.6.4 实例分析	169
10.6.2 受剪切螺栓连接	135		
10.7 螺纹连接件的材料与许用 应力	136		

11.7 齿轮的结构设计	173	13.4 普通 V 带传动的设计计算	202
11.8 齿轮传动的润滑	175	13.4.1 失效形式和设计准则	202
11.9 习题	177	13.4.2 单根 V 带的许用功率	203
第 12 章 蜗杆传动	179	13.4.3 普通 V 带传动的设计内容和 步骤	204
12.1 蜗杆传动的特点和类型	179	13.4.4 实例分析	206
12.1.1 蜗杆传动的特点	179	13.5 V 带传动的张紧、安装要求	208
12.1.2 蜗杆传动的类型	179	13.5.1 带传动的张紧装置	208
12.2 阿基米德蜗杆传动的主要参数及几何 尺寸计算	180	13.5.2 带传动的安装、使用要求	209
12.2.1 主要参数及其选择	181	13.6 同步带传动简介	209
12.2.2 几何尺寸计算	183	13.7 链传动概述	210
12.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和 材料	184	13.7.1 链传动的组成和类型	210
12.3.1 蜗杆传动的失效形式	184	13.7.2 链传动的特点及应用	210
12.3.2 蜗杆传动设计准则	184	13.8 滚子链与链轮	211
12.3.3 蜗杆传动常用的材料及许用 应力	184	13.8.1 滚子链的结构	211
12.4 蜗杆传动的强度计算	185	13.8.2 滚子链链轮	212
12.4.1 受力分析	185	13.9 链传动的工作情况分析	214
12.4.2 蜗轮齿面接触疲劳强度计算	185	13.9.1 链传动的运动不均匀性	214
12.4.3 蜗轮齿根弯曲疲劳强度计算	186	13.9.2 链传动的动载荷	215
12.4.4 蜗杆的刚度计算	187	13.9.3 链传动的受力分析	216
12.5 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡 计算	187	13.10 滚子链传动的设计计算	216
12.5.1 蜗杆传动的效率	187	13.10.1 链传动的失效形式	216
12.5.2 蜗杆传动的润滑	188	13.10.2 单排滚子链传递的额定功率	217
12.5.3 蜗杆传动的热平衡计算	189	13.10.3 主要参数与选择	218
12.5.4 实例分析	189	13.10.4 滚子链传动的设计内容和 步骤	218
12.6 圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计	191	13.10.5 实例分析	220
12.7 习题	192	13.11 链传动的布置和润滑	220
第 13 章 带传动和链传动	194	13.11.1 链传动的合理布置	220
13.1 带传动概述	194	13.11.2 链传动的润滑	221
13.1.1 带传动的组成和类型	194	13.12 习题	222
13.1.2 带传动的形式及主要性能	195	第 14 章 轴	224
13.1.3 带传动的几何计算	195	14.1 概述	224
13.1.4 带传动的特点与应用	196	14.1.1 轴的类型	224
13.2 带和带轮	196	14.1.2 轴设计中要解决的主要问题	225
13.2.1 V 带	196	14.2 轴的材料及选择	227
13.2.2 普通 V 带轮的结构	198	14.3 轴的结构设计	228
13.3 带传动的工作情况分析	199	14.3.1 拟定轴上零件的装配方案	228
13.3.1 带传动的力分析	199	14.3.2 零件在轴上的定位和固定	228
13.3.2 带传动的应力分析	200	14.3.3 轴的结构工艺性	230
13.3.3 带的弹性滑动和打滑	202	14.3.4 改善轴的受力情况	231
		14.4 轴的强度计算	233
		14.4.1 按扭转强度计算	233

14.4.2 按弯扭合成强度计算	234	16.4 滑动轴承的润滑	274
14.5 轴的刚度计算	235	16.4.1 润滑剂选用	274
14.6 轴的振动稳定性	236	16.4.2 润滑装置	275
14.7 轴的设计计算与实例分析	236	16.5 非液体润滑滑动轴承的设计计算	276
14.8 习题	240	16.5.1 径向滑动轴承的设计计算	276
第 15 章 滚动轴承	241	16.5.2 推力滑动轴承的设计计算	277
15.1 概述	241	16.5.3 实例分析	278
15.1.1 滚动轴承的结构	241	16.6 液体动压润滑的形成及基本方程	279
15.1.2 滚动轴承的基本类型及特点	242	16.6.1 液体动压润滑承载油膜的形成 条件	279
15.1.3 滚动轴承的代号	245	16.6.2 液体动压润滑的基本方程	280
15.1.4 滚动轴承类型的选择	248	16.7 其他形式滑动轴承简介	281
15.2 滚动轴承的工作情况分析	249	16.7.1 多油楔滑动轴承	281
15.2.1 滚动轴承内部的载荷分布	249	16.7.2 液体静压轴承	281
15.2.2 轴承工作时套圈与滚动体的 应力变化情况	250	16.7.3 气体轴承	282
15.2.3 滚动轴承的失效形式及计算 准则	250	16.8 习题	282
15.3 滚动轴承的选择计算	251	第 17 章 联轴器、离合器和制动器	284
15.3.1 轴承寿命的基本概念	251	17.1 联轴器	284
15.3.2 滚动轴承寿命的计算公式	251	17.1.1 概述	284
15.3.3 滚动轴承的当量动载荷	253	17.1.2 刚性联轴器	285
15.3.4 角接触球轴承和圆锥滚子轴承的 轴向载荷 F_a 的计算	254	17.1.3 无弹性元件联轴器	285
15.4 滚动轴承的静强度计算	257	17.1.4 弹性联轴器	288
15.5 滚动轴承的组合设计	257	17.1.5 联轴器的选择	291
15.5.1 滚动轴承的固定	258	17.2 离合器	292
15.5.2 滚动轴承的配置	259	17.2.1 牙嵌离合器	293
15.5.3 滚动轴承游隙和轴承轴向位置的 调整	260	17.2.2 摩擦离合器	293
15.5.4 滚动轴承的配合、预紧和 装拆	261	17.2.3 安全离合器	295
15.5.5 滚动轴承的润滑	263	17.3 制动器	295
15.5.6 滚动轴承的密封	263	17.4 习题	296
15.6 习题	265	第 18 章 弹簧	298
第 16 章 滑动轴承	268	18.1 概述	298
16.1 概述	268	18.1.1 弹簧的功用	298
16.2 滑动轴承的结构形式	269	18.1.2 弹簧的类型	298
16.2.1 径向滑动轴承的结构形式	269	18.2 弹簧的材料、许用应力和制造	299
16.2.2 推力滑动轴承的结构形式	269	18.2.1 弹簧的材料	299
16.2.3 滑动轴承的轴瓦结构	270	18.2.2 弹簧的许用应力	300
16.3 滑动轴承的失效形式、轴承材料	271	18.2.3 弹簧的制造	300
16.3.1 滑动轴承的失效形式	272	18.3 圆柱螺旋弹簧的结构和几何尺寸	301
16.3.2 轴承材料	272	18.3.1 圆柱螺旋弹簧的结构形式	301
		18.3.2 圆柱螺旋弹簧的几何尺寸	302
		18.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计 计算	303
		18.4.1 特性曲线	303

18.4.2 失效形式和设计准则	304	18.5.2 圆柱螺旋扭转弹簧	308
18.4.3 设计计算内容和设计步骤	305	18.5.3 板簧	308
18.5 其他弹簧简介	307	18.6 习题	309
18.5.1 碟形弹簧	307	参考文献	310

绪 论

在日常生活和产品生产过程中，为了减轻劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率，人们广泛使用各种机械设备完成所需要的工作。机械设备的使用水平作为衡量一个国家现代化程度的重要标志之一，目前已广泛应用于各类石油、运输、采矿、冶金、建筑、水利、造纸、纺织、医药等行业，特别是机床、汽车、起重机、运输机、自动化生产线、机器人和航天器等重要新型机械产品的发展中，使我国的机械行业迅速发展、扩大，巩固了其在国民经济发展中的支柱产业地位。

0.1 机器的组成及特征

机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置。如图 0-1 所示为一种单缸四冲程内燃机的结构图。它由齿轮 1 和 2、凸轮 3、排气阀 4、进气阀 5、气缸体 6、活塞 7、连杆 8、曲轴 9 所组成。燃气燃烧发出的动力推动活塞 7 作往复运动，经连杆 8 转变为曲轴 9 的连续转动。凸轮和顶杆是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。在曲轴和凸轮轴之间的两个齿轮，齿数比为 1:2，目的是使曲轴转动两周时，进排气阀各启闭一次。工作原理为：活塞下行，进气阀打开，燃气被吸入气缸；活塞上行，进气阀关闭，压缩燃气；点火后燃气燃烧膨胀，推动活塞；活塞上行，排气阀打开，排出废气。这样就把活塞的运动转变为曲轴的转动，将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

生产和生活中使用的各种各样的机器，尽管它们的构造、用途和性能千差万别，但它们具有共同之处。

就组成而言，一部完整的机械一般都是由原动机、传动装置、执行部件、控制系统和辅助系统五部分组成，如图 0-2 所示。原动机是机械的动力来源，其作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并做功，如电动机、内燃机等。传动装置是将原动机的运动和动力传递给执行部件的中间环节，它可以改变运动速度、转换运动形式，以满足不同的工作要求，如减速器将高速转动变为低速转动，螺旋机构将旋转运动转换成直线运动。执行部件是直接完成机械预定功能的部分，如机床的主轴和刀

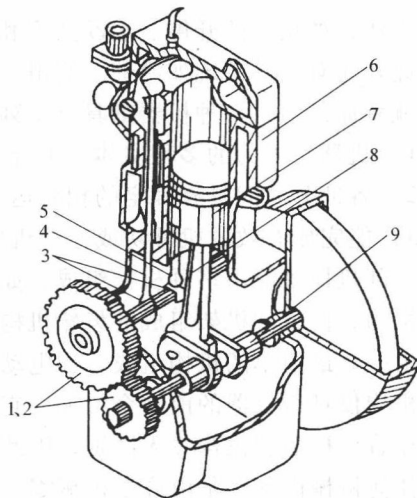


图 0-1 内燃机

1、2—齿轮 3—凸轮 4—排气阀 5—进气阀
6—气缸体 7—活塞 8—连杆 9—曲轴

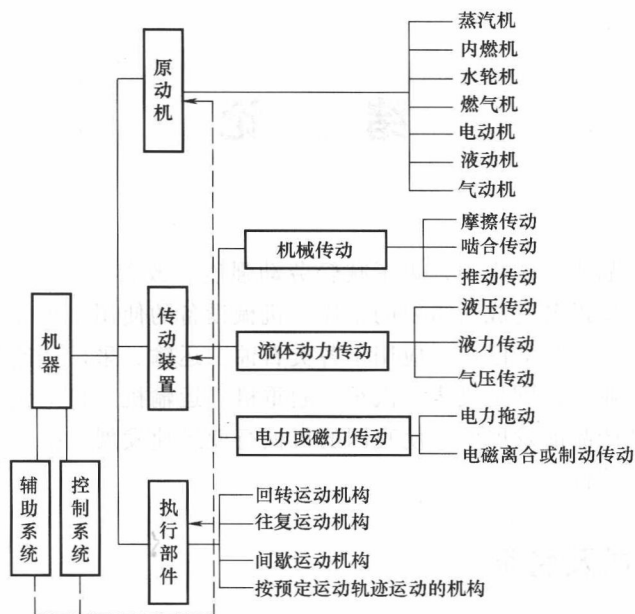


图 0-2 机器组成

架、起重机的吊钩等。控制系统是用来控制机械以及其他部分，使操作者能随时实现或停止各项工作，如机器的开停、运动速度和方向的改变等，这一部分通常包括机械和电子控制系统。此外还有辅助系统如冷却、润滑、计数、照明等装置。

就特征而言，各种机器都具有下列三个共同特征：

- 1) 机器是人为的多种实体的组合。
- 2) 各部分之间具有确定的相对运动。
- 3) 能完成有效的机械功或变换机械能。

一部机器可能由多种机构组成，如内燃机就是由气缸体、活塞、连杆、曲轴组成的曲柄滑块机构、齿轮和机架组成的齿轮机构和凸轮、顶杆、机架组成的凸轮机构所组成的；也可能仅由一个最简单的机构组成，如电动机就是只包含一个由定子和转子所组成的两杆回转机构。机构仅具有机器的前两个特征，它被用来传递运动或变换运动形式。若仅从结构和运动的观点看，机器和机构并无区别，因此，通常把机器和机构统称为机械。

任何机械设备都是由许多机械零、部件组成的。机械零件是机械制造过程中不可分拆的最小单元，而机械部件则是在机器装备制造过程中为完成某一任务而由若干协作的零件组合在一起的组合体。机械零部件按通用性划分可分为通用零部件和专用零部件。如螺栓、齿轮、轴、滚动轴承、联轴器、减速器等属于通用零部件；而叶片和曲轴只在特定类型的涡轮机和往复活塞内燃机中才能用到，属于专用零部件。

在机械设备中，有些零件是作为一个独立的运动单元体而运动的，而有些零件则刚性地连接在一起、共同组成了一个独立的运动单元体而运动。机械中的每一个独立的运动单元体称为构件。从制造角度看，零件是制造的基本单元；从运动的角度看，构件是运动的基本单元。

0.2 本课程的内容、地位和任务

本课程的研究对象为机械常用机构、一般机械通用零部件和设计方法。主要内容有以下几方面：

1) 常用传动机构及机构运动方案设计。对常用机构的运动和工作特点进行分析，并根据一定的运动要求和工作条件来设计机构。常见机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

2) 机械零件常用材料及结构强度。主要介绍机械零件常用材料及其选用原则，零件受力及变形的基本形式及其强度计算。

3) 通用零部件工作原理、结构特点和设计理论与方法。研究通用零件的设计和选用问题，包括零件工作能力设计和结构设计，以及标准零、部件的选用等问题。

4) 机械结构设计。为使零部件具有较好的加工和装配工艺性及技术经济性，以对零部件的功能、性能、生产成本进行综合分析和比较为基础，以减速器的课程设计为实践，进行合理的结构设计。

本课程是以机械设计为主线，将机械制图、金属工艺学、机械工程材料与热处理、互换性与测量技术基础、等课程的机械原理、理论力学、材料力学主要内容进行精选、优化组合而成的，是一门综合性强的技术基础课。

本课程的主要任务是：

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，选用和设计计算的基本知识，并初步具有设计简单的机械及普通机械传动装置的能力以及设备的使用、维护管理和故障分析的能力。

3) 具有计算能力、绘图能力和查阅机械设计相关的各种技术资料的能力。

4) 掌握本课程实验的基本知识，获得实践技能的基本训练。

5) 了解机械设计的发展方向和现代设计的新方法。

0.3 机器设计应满足的基本要求和一般程序

机器设计应满足的基本要求有：

1) 功能性。能够满足需要，准确实现预定的全部功能。

2) 可靠性。在规定的条件和预定的工作期限内不失效。其中的结构可靠性应考虑结构的疲劳、磨损、断裂等强度失效问题；机构可靠性应考虑机构在运动过程中，由于变形、磨损等引起的功能失效。

3) 经济性。经济性要求贯穿于机械设计全过程，应当合理选用原材料，确定适当的精度要求，减少设计和制造的周期。

机器产品的开发过程是一个复杂细致的过程，包括调研和技术交流、技术方案拟订、技术方案评估、技术方案修正、商务谈判和签约、总体设计、技术确认、详细设计、采购、加工制造、装配调试、预验收、包装发送、现场调试运行、终验收、售后服务等各个环节。机

器设计的一般程序主要有：

1. 研究设计要求、检索资料

研究市场和用户对所设计机器的要求，然后检索有关资料。其中包括技术信息、预测、试验研究成果、发展趋势、新技术应用及相应的结构图样资料等。通过对资料的分析研究，拟定适当的方案。

2. 拟定方案

通常要拟定出几个方案进行分析比较。每个方案包括的内容有：功能分析、主要技术参数、总体布局、机械传动原理图、机械结构草图、液压系统原理图、控制系统、实验结构及技术经济分析等。

3. 技术设计

详细设计阶段，进行必要计算。主要绘制机器装配总图和部件装配图，为使各个部件之间能够协调进行设计，一般应先画出机器的总体尺寸关系图。同时画出液压系统图、控制系统图和电系统图。

4. 工作图设计

绘制机器的全部零件图

5. 编制技术文件

整理有关部件与主要零件的设计计算书，编制各类零件明细表、说明书等技术文件。

6. 对图样进行工艺审查和标准化审查

机械零件设计的一般步骤：

- 1) 选择零件的类型和结构。
- 2) 分析零件的载荷性质，拟定零件的计算简图，计算作用在零件上的载荷。
- 3) 分析零件可能出现的失效形式，确定计算准则。
- 4) 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求，选择适当的材料。
- 5) 确定零件的主要几何尺寸，综合考虑零件的材料、受载以及加工装配工艺和经济性等因素，参照有关标准、技术规范以及经验公式，确定全部结构尺寸。
- 6) 结构设计。
- 7) 校核计算。
- 8) 绘制零件工作图并确定公差和技术要求。
- 9) 编写计算说明书。

机械设计人员要有创新意识，在设计过程中能灵活创新，同时要注重实际。设计前要仔细调研，广泛听取用户和工艺人员的意见，在设计的过程中及时发现问题、修正问题，并从中积累经验。

0.4 机械的现代设计方法简介

机械的现代设计方法是指在 20 世纪下半期产生和发展起来的更为完善科学、计算精度更高、设计与计算速度更快的机械设计方法；是在继承和发展传统设计方法的基础上融合新的科学理论和科技成果而形成的；是一门多专业、多学科相互交叉的综合性很强的科学。其

主要内容包括：计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元法、工业艺术造型设计、人机工程、并行工程、价值工程、反求工程、模块化设计、相似性设计、疲劳设计等。

1. 计算机辅助设计

计算机辅助设计简称 CAD，能充分运用计算机高速运算和快速绘图的强大功能为工程设计及产品设计服务，彻底改变了传统的手工设计绘图方式，极大地提高了产品开发的速度和精度，使得设计人员的智慧和能力得到了延伸。

2. 优化设计

优化设计是把设计的实际工程问题的物理模型转化为相应的数学模型，然后运用最优化设计理论，选择合适的优化方法，借助计算机进行求解，从而得到最佳的设计方法。近年来，优化设计常结合一些其他方法，形成新的优化设计方法。如和模糊化设计结合，形成模糊优化设计；和可靠性设计结合，形成可靠性优化设计。

3. 可靠性设计

可靠性设计是指在规定的时间内、规定的条件下，以概率论和数理统计为理论基础，以失效分析、失效预测及各种可靠性试验为依据，以完成产品规定功能为目标的现代设计方法。它将常规设计方法中所涉及的设计变量，如材料强度、疲劳寿命、尺寸、应力等看成服从某种分布的随机变量，根据产品的可靠性指标要求，用概率统计的方法获得零部件主要结构参数和尺寸。

4. 有限元法

有限元法是以电子计算机为工具的一种现代数值计算方法，不仅能用于工程中复杂的非线性问题和非稳态问题的求解，还可用于工程设计中进行复杂结构的静态和动态分析，并能准确计算形状复杂零件的应力分布和变形，是复杂零件强度和刚度计算的有力分析工具。目前广泛使用的有限元软件如 ANSYS、NASTRAN、ASKA、ABAQUS 等，具有功能强大的前处理（自动生成网格、形成输入数据文件）和后处理（显示计算结果、绘制变形图和等值线图、动态显示结构的动力相应程序）程序，使用方便，计算精度高，其计算结果已成为各类机械产品设计和性能分析的依据。

随着科学技术的飞速发展，机械的现代设计方法也在不断丰富。

0.5 习题

1. 机械是机器与机构的总称。机器与机构的区别是什么？请举例说明。

2. 指出下列机器的原动机、传动装置、执行部件、控制系统和辅助系统：①汽车；②自行车；③车床。

几个零件刚性地连接起来就成为构件；几个构件可动地连接起来，各构件间又有确定的相对运动，就成为机构。因此，机构是具有确定相对运动的若干个构件的组合体。构件之间的连接方式，在什么条件下机构具有确定的运动，在设计新机械或对现有机械进行分析研究、方案设计时如何绘制机构运动简图，这些都是本章将要介绍的内容。

1.1 平面机构的组成

组成机构的所有构件都在相同或相互平行的平面内运动，这种机构称为平面机构，否则称为空间机构。本章只研究平面机构。

一个自由构件在空间具有六个独立运动。它可表示为在直角坐标系内沿着三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动。而对于一个作平面运动的构件，则只有三个独立运动，如图 1-1 所示。即沿 x 轴和 y 轴的移动，以及在 Oxy 平面内围绕一固定点 A 的转动。构件的独立运动称为自由度，一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。

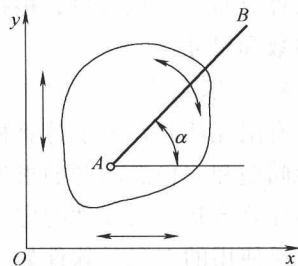


图 1-1 平面运动构件的自由度

1.1.1 运动副及分类

机构是由许多构件组成的。机构的每一个构件都以一定方式与某些构件相互连接，而且是能产生一定相对运动的连接。两构件之间直接接触又能产生一定相对运动的连接称为运动副。因此，构件的连接既要使两个构件直接接触，如活塞与气缸、活塞与连杆、轴与轴承、车轮与钢轨、齿轮的轮齿之间均保持直接接触，并能产生一定的相对运动，因而都构成了运动副。

两个构件通过运动副连接以后，相对运动受到限制。对独立运动所加的限制称为约束，引入一个约束将减少一个自由度。

两构件之间不外乎通过点、线、面来实现接触，这些点、线或面称为运动副元素。按两构件间的接触特性，平面运动副通常可分为低副和高副。

1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。低副又可以分为转动副和移动副两种。

(1) 转动副 又称为回转副、铰链，组成转动副的两个构件只能在一个平面内作相对转动，如图 1-2 所示。

(2) 移动副 组成移动副的两个构件只能沿某一轴线相对移动，如图 1-3 所示。

转动副只能在一个平面内相对转动，移动副只能沿某一个轴线方向移动。因此，一个低

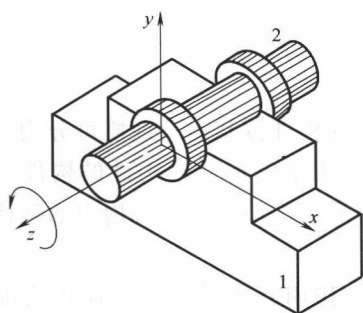


图 1-2 转动副

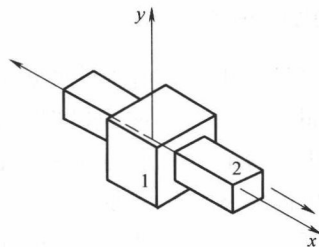


图 1-3 移动副

副引入两个约束，即减少两个自由度。

2. 高副

两构件之间通过点或线接触组成的运动副称为高副，如图 1-4 所示。

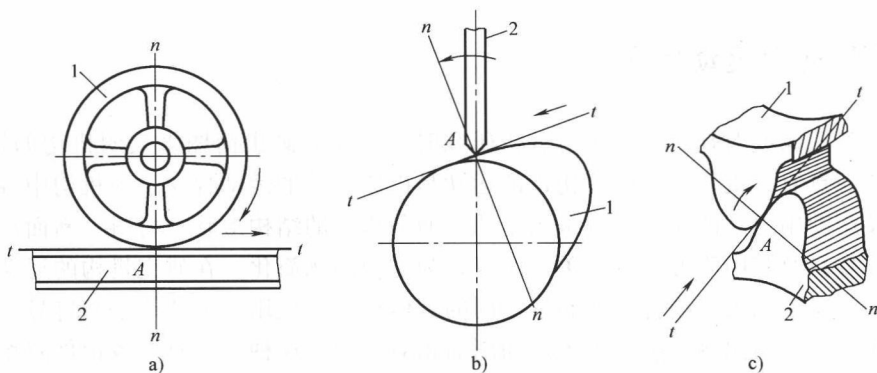


图 1-4 平面高副

a) 火车车轮与钢轨接触 b) 凸轮与从动件接触 c) 两齿轮轮齿接触

两构件组成高副，彼此间可沿接触处切线 tt 方向作相对移动和在平面内作相对转动。而沿法线 nn 方向的相对移动受到约束。所以一个高副引入一个约束，即减少一个自由度。

此外，常用的运动副还有球面副（球面铰链），如图 1-5a 所示；螺旋副，如图 1-5b 所示。

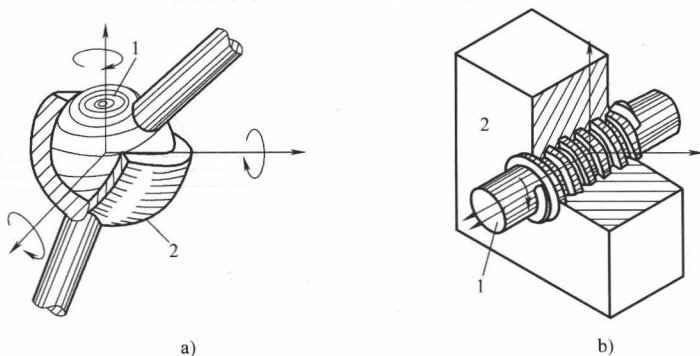


图 1-5 空间运动副

a) 球面副 b) 螺旋副