

◆ 高职高专“十二五”规划教材 ◆

JINGMI JIXIE
SHEJI JICHU

精密机械设计基础

赵鑫 编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

精密机械设计基础

赵 鑫 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按照课改新要求编写,从满足教学基本要求、贯彻少而精的原则出发,力求做到精选内容、适当拓宽知识面、反映学科新成就,全书共12章,包括精密机械设计基础概论、静力学基础、材料力学基础、平面连杆机构、凸轮机构、带传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、连接、轴和轴承、联轴器和离合器。

本书可作为高职高专、成人教育光机电应用技术、激光加工、光电子技术及相关专业教材,也可作为各培训机构教学及有关工程技术人员学习的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

精密机械设计基础/赵鑫编. —北京:化学工业出版社, 2015.7

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-23984-6

I. ①精… II. ①赵… III. ①机械设计-高等职业教育-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第101860号

责任编辑:李彦玲 张 阳

文字编辑:张绪瑞

责任校对:边 涛

装帧设计:刘剑宁

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数332千字 2015年8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:30.00元

版权所有 违者必究

前言

精密机械设计基础作为光机电应用技术、激光加工、光电子技术以及相关专业的专业基础课，主要任务是使学生初步掌握有关精密机械设计的基本原理和方法，促进学生技能的培养。在本书的编写过程中，笔者从满足教学基本要求、贯彻少而精的原则出发，力求做到精选内容、适当拓宽知识面、反映学科新成就，但深度适中、篇幅不大，以期保持教材简明、实用的特色。

本书的内容是按 54 学时的要求编写的，考虑到非机械类专业较多，各校各专业对本课程的教学时数规定不尽一致，且各专业对内容的要求也不尽相同，所以在使用本书时，可根据专业要求和学时数进行适当取舍和调整。

本书由赵鑫编，在编写过程中得到了武汉软件工程职业学院电子工程学院领导和老师的大力支持，在此深表感谢！

本书引用了许多文献资料，未能一一列出，在此深表谢意！

限于笔者的水平，书中难免有疏漏和不足之处，衷心希望广大读者提出宝贵的意见，对不妥之处进行批评指正。

编者

2015 年 3 月

第 1 章 精密机械设计基础概论

1

1.1 精密机械的概念	1
1.1.1 精密机械的组成	1
1.1.2 机器和机构	1
1.1.3 构件和零件	2
1.2 精密机械设计的基本要求和一般程序	2
1.2.1 机械零件的失效形式及设计准则	2
1.2.2 机械产品设计的内容和要求	2
1.2.3 机械零件设计一般步骤	3
1.3 机械创新设计	3

第 2 章 静力学基础

7

2.1 静力学公理	7
2.2 约束和约束反力	9
2.2.1 柔索约束	9
2.2.2 光滑面约束	9
2.2.3 光滑铰链约束	10
2.2.4 连杆约束	11
2.2.5 固定端约束	11
2.3 物体受力分析和受力图	12
2.4 平面汇交力系的合成	13
2.4.1 力在平面直角坐标轴上的投影	13
2.4.2 合力投影定理	14
2.4.3 平面汇交力系的合成	14
2.5 力矩与平面力偶系	14
2.5.1 力对点之矩	14
2.5.2 力偶及其性质	16
2.5.3 平面力偶系的合成与平衡	17
2.6 平面力系的化简与平衡方程	18
2.6.1 平面力系的简化	18
2.6.2 平面一般力系的平衡	19
2.6.3 物体系统 (以下简称“物系”) 的平衡问题	20

3.1 材料力学概述	26
3.1.1 材料力学的任务	26
3.1.2 材料力学的研究对象和基本假设	26
3.1.3 杆件变形的基本形式	26
3.1.4 内力、截面法、应力	27
3.2 杆的拉伸与压缩	29
3.2.1 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力	29
3.2.2 轴向拉伸或压缩时横截面上的应力	29
3.2.3 轴向拉伸或压缩时的强度计算	30
3.3 剪切和挤压	32
3.3.1 剪切和挤压的概念	32
3.3.2 剪切和挤压的实用计算	32
3.4 扭转	34
3.4.1 外力偶矩的计算、扭矩和扭矩图	34
3.4.2 圆轴扭转时横截面上的应力	36
3.4.3 圆截面的极惯性矩和抗扭截面模量的计算	38
3.4.4 圆轴扭转时的强度条件	38
3.5 弯曲	39
3.5.1 弯曲的概念	39
3.5.2 梁的内力——剪力和弯矩	40
3.5.3 剪力图和弯矩图	41
3.5.4 弯曲正应力	43
3.5.5 弯曲的强度计算	43

4.1 平面机构的运动简图及其自由度	49
4.1.1 运动副及其分类	49
4.1.2 机构中构件的分类	50
4.1.3 平面机构的运动简图	50
4.1.4 机构的自由度	52
4.2 平面连杆机构的类型及应用	54
4.2.1 铰链四杆机构	55
4.2.2 铰链四杆机构的演化	57
4.3 四杆机构的基本特性	59
4.3.1 急回特性与行程速比系数	60
4.3.2 压力角与传动角	60
4.3.3 死点位置	61
4.4 平面回杆机构的设计	62
4.4.1 按照给定的行程速比系数设计四杆机构	62
4.4.2 按给定连杆位置设计四杆机构	63

5.1 凸轮机构的应用	67
5.2 从动件常用的运动规律	68
5.3 凸轮机构的压力角	70
5.4 凸轮的基圆半径	70
5.5 按给定运动规律设计盘形凸轮轮廓	71
5.5.1 反转法原理	71
5.5.2 对心直动尖顶从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	72
5.5.3 对心直动滚子从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	72
5.5.4 滚子半径的选择	72

6.1 带传动概述	76
6.1.1 带传动的主要类型	76
6.1.2 带传动的特点和应用	77
6.2 普通V带与V带轮	77
6.2.1 普通V带	77
6.2.2 V带轮	79
6.3 带传动工作能力分析	81
6.3.1 带传动中的受力分析	81
6.3.2 带传动的应力分析	82
6.3.3 带传动的弹性滑动和传动比	83
6.4 V带传动的设计	84
6.4.1 带传动的主要失效形式	84
6.4.2 设计准则和单根V带的额定功率	84
6.4.3 设计步骤和参数选择	86
6.5 带传动的安装、维护和张紧	90
6.5.1 V带传动的安装和维护	90
6.5.2 V带传动的张紧	90

7.1 齿轮传动的特点和基本类型	94
7.2 渐开线齿廓	95
7.2.1 渐开线的形成	95
7.2.2 渐开线的性质	95
7.2.3 渐开线齿廓的啮合特点	95
7.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸计算	97
7.3.1 齿轮各部名称与符号	97
7.3.2 渐开线齿轮主要参数	98
7.3.3 渐开线标准齿轮的公法线长度和分度圆弦齿厚	99

7.4	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	100
7.4.1	正确啮条件	100
7.4.2	连续传动条件	100
7.4.3	标准齿轮安装	101
7.5	渐开线齿轮的加工方法与根切现象	102
7.5.1	渐开线齿轮加工方法	102
7.5.2	根切现象及最少齿数	103
7.6	变位齿轮传动	104
7.6.1	标准齿轮的局限性	104
7.6.2	变位齿轮及最小变位系数	104
7.6.3	变位齿轮几何尺寸计算	105
7.6.4	齿轮传动类型	106
7.7	齿轮的失效形式与设计准则	106
7.7.1	失效形式	106
7.7.2	设计准则	107
7.8	齿轮常用材料及精度等级	107
7.8.1	齿轮的材料及热处理	107
7.8.2	许用应力	109
7.8.3	齿轮传动精度	110
7.9	渐开线直齿圆柱齿轮传动的强度计算	112
7.9.1	轮齿的受力分析	112
7.9.2	轮齿的计算载荷	113
7.9.3	齿面接触疲劳强度计算	113
7.9.4	齿根弯曲疲劳强度计算	114
7.10	平行轴斜齿圆柱齿轮传动	117
7.10.1	齿廓的形成及啮合特点	117
7.10.2	斜齿圆柱齿轮基本参数及几何尺寸计算	117
7.10.3	斜齿轮的正确啮合条件及重合度	118
7.10.4	当量齿数	119
7.10.5	斜齿圆柱齿轮的强度计算	119
7.11	直齿圆锥齿轮传动	121
7.11.1	圆锥齿轮传动特点	121
7.11.2	直齿圆锥齿轮齿廓曲面的形成	122
7.11.3	直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸	122
7.11.4	直齿圆锥齿轮的强度计算	123
7.12	齿轮的结构设计及润滑	125
7.12.1	齿轮的结构设计	125
7.12.2	齿轮传动的润滑	127

8.1	蜗杆传动类型和特点	131
-----	-----------	-----

8.1.1	蜗杆传动的特点和应用	131
8.1.2	蜗杆传动的类型	132
8.2	蜗杆传动主要参数和几何尺寸计算	132
8.2.1	主要参数	133
8.2.2	蜗杆蜗轮的几何尺寸计算	134
8.2.3	蜗杆蜗轮的正确啮合条件	136
8.3	蜗杆传动的失效、材料和结构	136
8.3.1	蜗杆传动的失效形式	136
8.3.2	蜗杆、蜗轮常用材料	136
8.3.3	蜗杆、蜗轮的结构	136
8.4	蜗杆传动受力分析和强度的计算	137
8.4.1	蜗杆传动的受力分析	137
8.4.2	蜗杆传动强度计算	138
8.5	蜗杆传动的热平衡计算	139
8.5.1	蜗杆传动的效率	139
8.5.2	蜗杆传动的热平衡计算	139

第9章 轮系

143

9.1	齿轮系概述	143
9.2	定轴轮系传动比及其计算	144
9.2.1	传动比大小的计算	144
9.2.2	首、末轮转向的确定	144
9.3	周转轮系传动比及其计算	145
9.4	组合轮系传动比的计算	147
9.5	轮系的功用	148

第10章 连接

153

10.1	机械制造中常用的螺纹	153
10.1.1	螺纹的形成和螺纹参数	153
10.1.2	螺纹的类型、特点及应用	154
10.2	普通螺纹连接	155
10.2.1	螺纹连接的主要类型	155
10.2.2	常用螺纹连接件	156
10.3	螺纹连接的拧紧、防松及结构设计	157
10.3.1	螺纹连接的拧紧	157
10.3.2	螺纹连接的防松	157
10.4	螺栓连接的强度计算	158
10.4.1	普通螺栓的强度计算	159
10.4.2	铰制孔用螺栓连接的强度计算	160
10.5	滑动螺旋传动简介	162
10.5.1	普通螺旋传动	162
10.5.2	差动螺旋传动	162

10.6	键连接	163
10.6.1	键连接的类型、标准与应用	163
10.6.2	平键的选择及强度计算	165
10.7	花键和销连接	167
10.7.1	花键连接	167
10.7.2	销连接	167

第 11 章 轴和轴承

171

11.1	轴的功用、类型及材料选择	171
11.1.1	轴的类型	171
11.1.2	轴的材料及选择	172
11.2	轴的结构设计	173
11.2.1	轴设计应满足的要求及设计步骤	173
11.2.2	最小轴径的估算	173
11.2.3	轴的结构设计	174
11.2.4	轴上零件的固定和定位	175
11.2.5	轴的结构工艺性	177
11.3	轴的强度计算	178
11.4	轴的设计	179
11.5	滚动轴承的基本知识	181
11.5.1	滚动轴承的结构	181
11.5.2	滚动轴承的类型及特点	182
11.5.3	滚动轴承的代号	183
11.6	滚动轴承类型的选择	185
11.6.1	滚动轴承的失效形式和计算准则	185
11.6.2	滚动轴承的选择计算	185
11.6.3	滚动轴承的组合设计	190
11.7	滑动轴承的结构和轴承材料	192
11.7.1	滑动轴承的结构形式	192
11.7.2	轴承材料	193

第 12 章 联轴器和离合器

196

12.1	联轴器	196
12.1.1	两轴之间的相对位移	196
12.1.2	联轴器的分类	196
12.1.3	常见的联轴器介绍	197
12.1.4	联轴器的选择	199
12.2	离合器	200
12.2.1	牙嵌离合器	200
12.2.2	摩擦离合器	201

参考文献

203

第1章 精密机械设计基础概论

1.1 精密机械的概念

1.1.1 精密机械的组成

在现代化生活和生产实践中,人类创造和发展了各种各样的机械,精密机械是其重要的组成部分。它的发明、使用和发展是现代社会发展的重要创新过程,已经广泛应用在国民经济和国防工业的许多部门。在这一创新过程中,人们总结出了进行精密机械设计的理论与方法,从而为更高层次的创新与设计奠定了基础。

精密机械形式多样,但主要由四个部分组成,分别是动力部分、传动部分、执行部分、控制部分。

(1) 动力部分

动力部分是机械的动力来源,其作用就是把其他形式的能量转化为机械能,以驱动机械运动并做功。

(2) 传动部分

传动部分是将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节,它可以改变运动速度,转换运动形式,以满足执行部分的各种要求。传动部分介于原动机和执行部分之间,起桥梁的作用。如减速器将高速转动变为低速转动,螺旋机构将旋转运动换成直线运动等。

(3) 执行部分

执行部分是直接完成机械预定功能的部分。如机床的主轴和刀架。

(4) 控制部分

控制机器的其他组成部分,使操作者随时实现或终止机器的各种预定功能。如机器的启动、停止,运动速度和方向的改变等。控制部分通常包括机械控制系统和电子控制系统。

精密机械的组成不是一成不变的,一些简单机械不一定完整地具有上述四个部分,有的甚至只有动力部分和执行部分;而一些较为复杂的机械,除了具有上述四个部分外,还有读数装置、照明装置等。

在进行精密机械设计时,一般认为机械是机器和机构的总称。

1.1.2 机器和机构

机器是一种用来转换或传递能量、物料和信息,能执行机械运动的装置。机器的特征:①都是许多人为实物的组合;②各实物之间具有确定的相对运动;③能完成有用的机械功或转换机械能。

机构是实现预期的机械运动的各实物的组合体。机构的特征只有①和②。
常用机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。

1.1.3 构件和零件

机构是由构件组成的。构件由一个或几个零件组装而成，是运动的基本单元。零件是制造的基本单元。有些零件是在各种机器中常用的，称为通用零件；有些零件只有在特定的机器中才用到，称为专用零件。通用零件包括齿轮、轴、螺栓、键、花键、销；铆、焊、胶结构件；弹簧、机架、箱体等。专用零件包括叶片、曲轴等。

1.2 精密机械设计的基本要求和一般程序

精密机械设计是机械产品研制的第一步，设计的好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益。精密机械设计就是从使用要求出发，对机械的工作原理、结构、运动形式、力和能量的传递方式，乃至各个零件的材料、尺寸和形状，以及使用、维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。

1.2.1 机械零件的失效形式及设计准则

机械零件丧失正常工作能力或达不到设计要求时，称为失效。由于强度不够引起的破坏是最常见的零件失效形式，但不是零件失效的唯一形式。零件失效和破坏不是同一个概念，零件失效并不意味着零件遭到破坏。如零件发生塑性变形，虽未断裂，但由于其过度变形而影响其他零件的正常工作，也是失效。

机械零件常见的失效形式有断裂（如螺栓的折断）、过量变形（如机床主轴的过量弹性变形会降低机床的加工精度）、表面失效（如疲劳点蚀、磨损、压溃和胶合等）、破坏正常工作条件引起的失效（如带传动因过载发生打滑）。

设计机械零件时，以防止产生各种可能失效为目的，而拟定的零件工作能力计算依据称为计算准则，主要有强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则。

强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。强度是指零件在载荷作用下抵抗破坏和大的塑性变形的能力。为保证零件工作时有足够的强度，设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力不超过零件的许用应力，即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1.1)$$

$$\tau \leq [\tau] \quad (1.2)$$

式中， σ 为正应力； $[\sigma]$ 为许用正应力； τ 为切应力； $[\tau]$ 为许用切应力。

刚度是指零件受载后抵抗弹性变形的能力，其设计准则是零件在载荷作用下产生的弹性变形量应小于或等于工作性能允许的极限值。

1.2.2 机械产品设计的内容和要求

(1) 可行性研究

对产品的预期需要、工作条件和关键技术进行分析研究，通过调研，确定设计任务要求，提出功能性的主要设计参量，作为成本和效益的估算，论证设计的必要性和先进性，提出由环境、经济、加工以及时限等各方面所确定的约束条件，提出可行性设计方案。在此基础上，提出设计任务书。

(2) 方案设计

根据设计任务要求寻求功能原理的解法,构思原理方案。产品的功能分析,是对设计任务书提出的产品功能中必须达到的要求、最低要求和希望达到的要求进行综合分析,即这些功能能否实现,多项功能间有无矛盾,相互间能否替代等。最后确定出功能参数,作为进一步设计的依据。确定了功能参数后,再提出可能采用的方案。方案设计时,可以按原动部分、传动部分和执行部分分别进行讨论。

(3) 技术设计

按设计方案的目标,完成总体设计及零、部件的结构设计。完成设计方案的结构化,从技术和经济观点作周密的结构设计和计算。要完成全套的零件图、部件图和总装配图,编制技术文件和技术说明。

(4) 改进设计

根据加工制造、样机试验、技术检测、使用操作、产品鉴定分析和市场等环节反馈信息对产品作改进设计或技术处理,以确保产品质量,并完善前期设计中的不足。

经过上述四个阶段,即完成了产品机械设计的全过程。机械产品即可投入试生产或批量生产,并进行销售和使用。

机械产品设计应满足的基本要求:①实现预定功能;②满足可靠性要求;③满足经济性要求;④操作方便、工作安全;⑤造型美观、减少污染。

1.2.3 机械零件设计一般步骤

机械零件设计没有一成不变的固定程序,常因具体条件不同而异,但一般机械零件设计的步骤如下。

- ① 根据零件的使用要求(如功率、转速等),选择零件的类型和结构形式。
- 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 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。
- ④ 分析零件的主要失效形式,决定计算准则和许用应力。
- ⑤ 确定零件的主要几何尺寸,综合考虑零件的材料、受载、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 绘制零件工作图并确定公差和技术要求。

1.3 机械创新设计

推动社会发展的源泉和生命在于创新。创新是发现或发明新思维、新理论、新方法、新技术或新产品。

进行机械创新设计要有两个必要条件:一是充分获取适用的知识;二是要使用符合创新设计思维并能激发创新思维的设计系统。由于人类的创新设计思维模式是在长期的成功设计经验中总结形成的,设计过程充满了矛盾,所获取的知识应有有助于矛盾的迅速解决,这就要求设计辅助系统必须符合创新设计思维规律。

(1) 机械创新设计研究的目的是意义

开展机械创新设计研究的目的不仅是提高自身学术水平,更主要是获取较大的经济效益和社会效益。其意义如下。

- ① 机械创新设计的深入研究将为人们发明创造新机器、新机械提供有效的理论和方法。

② 机械创新设计研究能加速机械专家智能化, 实现真正的专家系统, 有利于加速机械设计水平向自动化、智能化、最优化、集成化实现。

③ 创新设计的机械产品提高了产品在同类产品中的竞争力, 特别是当专利产品技术形成产业化的时候, 可以创造出较高的经济效益及社会效益。

④ 在机械创新设计的实践中培养了设计人员的创造性思维, 增强了其创新能力, 提高了人们进行创新设计的自觉性及技术上的可操作性, 使机械创新设计成为一种工具或手段。这样就促进了新产品的繁荣与更新, 为社会创造了财富。

(2) 机械创新设计的研究对象

机械创新设计 (MCD) 是指充分发挥设计者的创造力, 利用人类已有的相关科学技术成果 (含理论、方法、技术原理等) 进行创新构思, 设计出具有新颖性、创造性及实用性的机构或机械产品 (装置) 的一种实践活动。它包含两个部分: 一是改进完善生产或生活中现有机械产品的技术性能、可靠性、经济性、适用性等; 二是创造设计出新机器、新产品, 以满足新的生产或生活的需要。机械创新设计是建立在现有机械设计学理论上, 吸收科技哲学、认识科学、思维科学、设计方法学、发明学、创造学等相关学科的有益知识, 经过综合交叉而成的一种设计技术和方法。由于机械创新设计过程凝结了人们的创造性智慧, 因而其产品无疑应是科学技术与艺术结晶的产物。除了应该具有产品的技术性能、可靠性、经济性和适用性外, 还应该反映出和谐的技术美, 如造型的美学性, 具有圆满的审美价值。

机械设计一般可分为方案结构设计、运动设计及动力设计三个阶段。其中, 方案结构设计最需要创造性, 设计难度也最大。常规设计一般是在给定机械结构或只对某些结构作微小改动的情况下进行的, 其主要内容是进行尺度设计及动力设计。而相对传统设计而言, 机械创新设计特别强调了人们在设计过程中, 特别是在方案结构设计阶段中的主导及创造性作用。机械的创造发明多属于机械结构方案的创新设计。

(3) 机械创新设计技术

机械创新设计技术是一门有待开创发展的新的设计技术和方法, 它和机械系统设计、计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、摩擦学设计、有限元设计等一起构成现代机械设计方法学库, 并吸收邻近学科有益的设计思想与方法。随着认识科学、思维科学、人工智能专家系统及人脑研究的发展, MCD 正在日益受到专家学者的重视。一方面, 认识科学、思维科学、人工智能、设计方法学、科学技术哲学等已为 MCD 提供了一定的理论基础及方法; 另一方面, MCD 的深入研究及发展有助于揭示人类的思维过程、创造机理等前沿课题, 反过来促进上述科学的发展, 实现真正的机械专家系统 (MES) 及智能工程 (IE)。因此, MCD 是 MES、IE 等学科深入研究发展进程中必须解决的一个分支, 它要求能真正为发明创造新机械和改进现有机械性能提供正确有效的理论和方法。

MCD 要完成的一个核心内容就是要探索机械产品创新发明的机理、模式及方法, 要具体描述机械产品创新设计的过程, 并将之程式化、量化乃至符号化、算法化。

(4) 机械创新设计思维的两个原则

机械设计过程是从功能要求到作用原理, 再到物理结构的映射过程。在创新设计思维过程中, 应该把握好以下两个基本原则。

① 最短路径原则 在明确产品的功能要求后, 就应检索出最佳设计实例, 这样可以最迅速接近目标, 然后运用价值工程方法, 找出价值较低的极少数组件作为研究对象, 再分析所得对象存在的矛盾, 尝试做最小变动以解决矛盾, 如矛盾没有解决, 就要做更大变动或扩

大研究对象范围，最后得出最优结果。通过这种途径所消耗的能量最少，体现了最短路径原则。

② 相似性联想原则 联想就是找出事物彼此相似性的创造力（相似性是指事物间的内在联系）。判断联想是否合理的依据是相似性，相似性由已有产品实例确定，当多种产品实例可满足同一功能要求，那么它们用于实现该功能的作用原理及物理结构具有相似性。在设计中，功能要求、作用原理与物理结构可作为实例索引，因此可统称它们为索引项目。同一索引的不同类索引项目之间的联想可称为纵向联想，而不同索引的同类索引的联想可称为横向联想。

功能创新是根据产品市场需求，将各种相互关联的功能信息进行搭配、组合，产生新的满足要求的功能。原理创新是从功能要求（系统产生的或已知的）出发，通过技术分析，寻求不同功能在原理上的重组，从而实现原理创新。结构创新是指在设计后期，对功能、原理创新的结果匹配以对应结构化设计方案（包括各个结构对象自身及其相互间的连接关系、控制关系等）。

（5）创新关键技术

实现创新的关键阶段是产品设计早期的概念设计阶段，它既是产品设计的首要步骤，也是最富有创新的步骤。概念创新设计的关键技术及其实现方法如下。

① 信息建模技术 一般情况下，总体功能往往包含着许多子功能。而每一种功能可以由不同的结构来实现。故存在组合、协调和评价筛选的问题。在功能设计阶段，传统的CAD建模技术已不能适用现代设计的需要，在支持概念设计的建模技术中，功能信息应代替几何信息占主导地位。因此功能建模应是研究的重点。

② 智能支持技术 当前在人工智能系统中应用的人工智能技术，主要有专家系统、人工神经网络、遗传算法、模糊系统。它们各有长短。为了构造性能较好的应用智能系统，应综合应用集成专家系统、模糊系统两种技术，以独立、并行地实现对设计过程中人机交互、设计操作、辅助创新、设计评价等环节的支持。

③ 集成设计技术 集成主要由信息环境的集成和设计环境的集成两个构成。随着CAD技术朝着数字化、集成化、网络化、智能化的方向发展，未来的设计系统必然是以人为核心的人机一体化智能集成体系。

（6）创新能力的培养

① 要有敢于创新和寻根究底的精神。机械设计的创新实际上就是根据已知需求探寻最佳的设计方案。任何创新可行方案都是需要实践来验证的。但要提出一种试探方案，需要具备有关的专业知识。专业知识渊博，可提出的试探方案就愈多，在短时间内找到较好方案的可能性就愈大。每找出一种试探方案，都应从理论上分析它的可行性。通过计算机仿真技术来进行仿真检测和验算，逐步检验它的原理是否可行，结构是否复杂，造价是否低廉，操作是否方便，工作寿命是否长久等，最后决定取舍。若存在问题较多且难以改进则应考虑另找新的试探方案。只有把各种试探方案进行反复论证、比较、筛选和完善才有可能得到较佳方案。使结构方案逼近最佳状态的条件是设计者要有查漏补缺的知识和能力，更要有穷追不舍和坚忍不拔的精神。当设计思路出现山穷水尽时，就要换位思考，常常会出现柳暗花明的局面。

② 要善于古为今用、洋为中用。在谋求最佳方案的过程中已经成熟的技术可以直接拿来应用，而不必每个环节都进行创新。

③ 要具有较好的自学能力。机械设计所涉及的知识是比较广泛的，设计者要能针对创

新过程中遇到的困难参阅有关资料进行自学或独创的理论分析。只要有必胜的信心，遵循设计创新规律锲而不舍地进行探索，最佳的设计方案就一定能够找到。

单元练习题

一、选择题

1. 如图 1.1 所示，内燃机连杆中的连杆体 1 是 ()。

- A. 机构 B. 零件 C. 部件 D. 构件

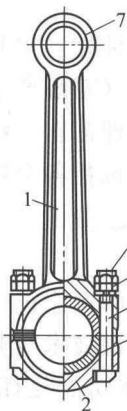


图 1.1 题 1.1 图

1—连杆体；2—连杆盖；3—轴瓦；4—螺栓；
5—槽形螺母；6—开口销；7—轴套

2. 下列四种实物：①车床；②游标尺；③洗衣机；④齿轮减速器。其中几种是机器？

()

- A. ①和② B. ①和③ C. ①，②和③ D. ③和④

二、填空题

1. 构件是机械的运动单元体，零件是机械的_____单元体。

2. 机械是_____和_____的总称。

3. 一部机器一般由_____、_____、_____及_____组成。

三、简答题

1. 机器与机构的共同特征有哪些？它们的区别是什么？

2. 常见的失效形式有哪几种？

3. 机械设计过程通常分为哪几个阶段？各阶段的主要内容是什么？

第2章 静力学基础

力是物体间的相互作用。其大小、方向与作用点，称为力的三要素。力的国际单位通常用牛顿(N)或千牛顿(kN)表示。作用在物体上的一群力，称为力系。根据力系中诸力作用线的空间位置关系，可分为平行力系、汇交(共点)力系、力偶系、平面力系、空间力系等。

静力学研究的是作用在刚体上力系的化简和力系平衡规律。所谓刚体，是指受力后形状和大小均不发生变化的物体。绝对的刚体是不存在的。在工程中，把物体相对于地球静止或作匀速直线平移运动的状态，称为平衡。在静力学中，所研究的对象被抽象为刚体，因此不考虑物体的变形。研究的状态是平衡状态，所以也不考虑物体运动状态的改变。静力学研究的基本问题是作用于刚体上的力系平衡问题，包括受力分析，力系的化简和力系的平衡条件及应用。

2.1 静力学公理

静力学中，最简力系的简化规则、最基本的平衡条件、力系效果的等价原理、物体之间的相互作用力关系以及刚体平衡条件，经人们长期实践与反复验证，总结成为下列静力学公理。

(1) 公理1 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要且充分的条件是，此二力等值、反向、共线(图2.1)，即 $F_1 = -F_2$ 。这是刚体平衡的最基本规律，也是力系平衡的最基本数量关系。

将仅在两点受力作用而处于平衡的刚体，称为二力体。如果它是杆件则称为二力杆，如果是结构中的构件则称为二力构件。它们的受力特点是两个力的方向必在二力作用点的连线上。应用公理1，可确定某些未知力的方向。如图2.2(a)所示构件BC，不计其自重时，就可视为二力构件，其受力如图2.2(b)所示。

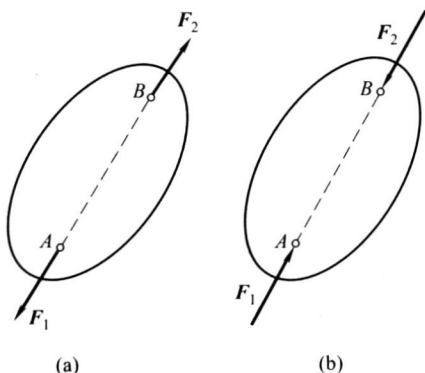


图 2.1 二力平衡

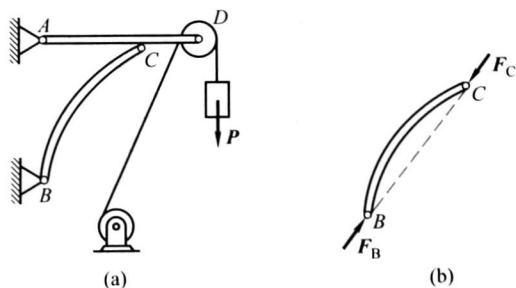


图 2.2 二力杆