



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

面向  
21世纪  
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列规划教材

# 机械设计基础 (第二版)

主 编 赵冬梅  
副主编 赵秀婷 鲍 莉  
主 审 赵 坚

西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职高专系列规划教材

# 机械设计基础

(第二版)

主 编 赵冬梅

副主编 赵秀婷 鲍 莉

西安电子科技大学出版社

2010

## 内 容 简 介

本书涵盖了机械原理和机械设计的内容,共16章。内容包括绪论,平面机构的运动简图及自由度,平面连杆机构,凸轮机构,轮系,其他常用机构,带传动和链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴和轴毂连接,滚动轴承,滑动轴承,螺纹连接,联轴器、离合器与制动器,弹簧,机械的平衡及速度波动的调节等。

根据目前高职高专教学的特点和需要,本书对传统内容进行了精简,突出了应用性,加强了计算机辅助设计内容。

本书可作为高职高专机电、数控、自动化等专业的教材,也可供从事机械和机电设备维护的工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,需要的教师可登录西安电子科技大学出版社网站,免费下载。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/赵冬梅主编. —2版. —西安:西安电子科技大学出版社,2010.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5606-2358-0

I. 机… II. 赵… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 208760 号

策 划 云立实

责任编辑 马晓娟 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com

E-mail: xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2010年1月第2版 2010年1月第4次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.75

字 数 464千字

印 数 16001~19000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-2358-0/TH·0105

XDUP 2650002-4

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

## 序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2009 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



# 机电类专业高职高专规划教材编审专家委员会

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

副主任：方新（北京联合大学机电学院副院长，教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社原总编辑，教授）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘守义（深圳职业技术学院教授）

李七一（南京工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

李望云（武汉职业技术学院机电工程学院院长，副教授）

宋文学（西安航空技术高等专科学校机械系主任，教授）

邱士安（成都电子机械高等专科学校机电工程系主任，教授）

胡德淦（郑州工业高等专科学校机械工程系副教授）

高鸿庭（上海电机学院机械系副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院电子与信息技术学院副教授）

蒋敦斌（天津职业大学机电工程系教授）

董建国（湖南工业职业技术学院机械工程系主任，教授）

翟 轰（陕西工业职业技术学院院长，教授）

项目总策划：梁家新

项目策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

## 第二版前言

本书属于“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”，是根据教育部有关“机械设计基础”课程的教学基本要求，并结合近几年各校使用第一版的反馈意见修订的。

在本版的修订过程中，编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，并且考虑到了深度适中、篇幅不大的原则，以期使本书保持简明、实用的特色。

本书在内容上以“机构和机械设计概论”、“常用机构”、“机械传动”、“轴系零件”、“螺纹连接和弹簧”为主线，基本涵盖了所有机械设计的基础知识；内容安排力求精炼，避免重复，突出应用；对知识点的叙述力求系统、完整，且图文并茂，方便教学。大部分插图具有“自明性”，即只看图不读文也可理解图意。对一般内容着重阐明概念，讲清思路，强调在工程设计中的应用。

这次修订考虑到扩大知识面、反映新成就以及照顾某些专业需要，参照国内外科学发展现状，更新了若干设计计算方法；增加了机械的平衡及速度波动的调节；删除了一些比较繁琐的推导和陈旧内容。还根据新近颁布的国家标准、规范对书中的术语、图表、数据进行了订正、补充和更新。

参加本书第二版修订工作的有赵冬梅、张旦闻、鲍莉、赵秀婷、孙娟和王建平。

殷切希望读者在使用过程中对书中的欠妥之处批评指正。

编者

2009年4月

## 第一版前言

“机械设计基础”是高等职业教育和高等专科教育机电工程类专业开设的一门技术基础课。随着科学技术的发展，现代化建设对人才的培养目标在发生着变化，高等学校的教材应及时进行补充和调整以适应社会发展的要求。

本书是“机械设计基础”教材编写小组在征集了十多所高等学校的教学大纲以及一线教师对教材内容的意见的基础上编写的。

本书在内容上以“机构和机械设计概论”、“常用机构”、“机械传动”、“轴系零件”、“螺纹连接和弹簧”为主线，基本涵盖了所有机械设计的基础知识。内容的安排力求精练，避免重复，突出应用。对知识点的叙述图文并茂，力求系统、完整，方便教学；大部分插图具有“自明性”，即只看图，不读文也可理解图意；对一般内容着重阐明概念，讲清思路，简化理论推导，强调在工程设计中的应用。

在学习机械设计基础理论的同时，本书将计算机辅助设计方法融会在一些实例中，其内容包括：机构的解析计算、机构运动分析、线图的程序化等，使学生初步建立对现代设计方法在机械设计领域应用的认识。教师可结合自身特点，针对某些专题在课程中展开讨论。

本书第1~5章及第16章由张旦闻编写、第6~9章由赵冬梅编写、第10~12章由祝要民编写、第13~15章由孙娟编写，全书由徐坚主审。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请同行们批评指正。

编者

2004年3月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 课程概述 .....	1
1.2 机械设计的基本要求和一般过程 .....	3
1.3 机械零件的材料选择 .....	4
1.4 机械零件的载荷和应力 .....	6
1.5 机械零件的工作能力和计算准则 .....	7
1.6 机械零件的结构工艺性 .....	9
1.7 机械零件设计中的标准化 .....	13
1.8 现代机械设计方法概述 .....	13
习题 .....	15
<b>第 2 章 平面机构的运动简图及自由度</b> .....	16
2.1 运动副及其分类 .....	16
2.2 平面机构运动简图 .....	18
2.3 平面机构的自由度 .....	20
习题 .....	24
<b>第 3 章 平面连杆机构</b> .....	27
3.1 铰链四杆机构的类型及应用 .....	27
3.2 滑块四杆机构 .....	30
3.3 平面四杆机构的几个工作特性 .....	35
3.4 平面四杆机构的设计 .....	42
习题 .....	47
<b>第 4 章 凸轮机构</b> .....	50
4.1 凸轮机构的类型和应用 .....	50
4.2 从动件基本运动规律 .....	53
4.3 凸轮轮廓设计 .....	59
4.4 凸轮尺寸的确定 .....	63
习题 .....	67
<b>第 5 章 轮系</b> .....	69
5.1 定轴轮系 .....	69
5.2 周转轮系 .....	71
5.3 混合轮系 .....	73
5.4 轮系的功用 .....	74
习题 .....	77



<b>第 6 章 其他常用机构</b> .....	79
6.1 棘轮机构的工作原理和类型 .....	79
6.2 槽轮机构 .....	82
6.3 万向联轴节 .....	84
6.4 螺旋机构 .....	86
6.5 不完全齿轮机构简介 .....	88
6.6 机构的组合 .....	89
习题 .....	92
<b>第 7 章 带传动和链传动</b> .....	93
7.1 机械传动概述 .....	93
7.2 带传动概述 .....	94
7.3 带传动的工作情况分析 .....	98
7.4 V 带传动选用计算 .....	102
7.5 V 带轮材料和结构 .....	110
7.6 带传动的张紧 .....	111
7.7 同步带传动简介 .....	112
7.8 链传动概述 .....	113
7.9 链传动的运动特性 .....	117
7.10 滚子链传动的设计计算 .....	119
习题 .....	126
<b>第 8 章 齿轮传动</b> .....	128
8.1 齿轮传动的特点和类型 .....	128
8.2 渐开线与渐开线齿廓 .....	131
8.3 渐开线齿轮各部分的名称及尺寸 .....	134
8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合条件 .....	140
8.5 渐开线齿形的加工原理 .....	143
8.6 斜齿圆柱齿轮传动 .....	150
8.7 圆锥齿轮传动 .....	156
8.8 齿轮传动设计 .....	161
习题 .....	179
<b>第 9 章 蜗杆传动</b> .....	182
9.1 蜗杆传动概述 .....	182
9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算 .....	184
9.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择 .....	188
9.4 蜗杆传动的强度计算 .....	189
9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算 .....	191
9.6 蜗杆和蜗轮的结构 .....	193
习题 .....	196

<b>第 10 章 轴和轴毂连接</b> .....	198
10.1 概述 .....	198
10.2 轴的结构设计 .....	200
10.3 轴的强度计算 .....	205
10.4 轴的刚度计算 .....	210
10.5 轴的振动概念 .....	211
10.6 轴毂连接 .....	212
习题 .....	217
<b>第 11 章 滚动轴承</b> .....	219
11.1 滚动轴承的结构、基本类型和特点 .....	219
11.2 滚动轴承的计算 .....	224
11.3 滚动轴承的静强度计算 .....	231
11.4 滚动轴承的极限转速 .....	232
11.5 滚动轴承部件结构设计 .....	233
11.6 滚动轴承的润滑和密封 .....	236
11.7 新型轴承简介 .....	238
习题 .....	239
<b>第 12 章 滑动轴承</b> .....	241
12.1 摩擦、磨损与润滑基础知识 .....	241
12.2 滑动轴承的特点、类型和典型结构 .....	245
12.3 轴瓦的材料和轴瓦结构 .....	248
12.4 滑动轴承的润滑 .....	250
12.5 不完全油膜滑动轴承的设计计算 .....	253
习题 .....	255
<b>第 13 章 螺纹联接</b> .....	256
13.1 螺纹的类型、参数及应用 .....	256
13.2 螺纹连接的预紧与防松 .....	261
13.3 螺栓组连接的结构设计 .....	263
13.4 螺栓连接的强度计算 .....	265
13.5 提高螺栓连接强度的措施 .....	268
习题 .....	271
<b>第 14 章 联轴器、离合器与制动器</b> .....	272
14.1 联轴器 .....	272
14.2 离合器 .....	276
14.3 制动器 .....	279
习题 .....	280

<b>第 15 章 弹簧</b> .....	282
15.1 弹簧的功能 .....	282
15.2 弹簧的类型、特点和应用 .....	282
15.3 弹簧的材料和制造 .....	282
15.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的几何参数和特性曲线 .....	286
15.5 圆柱螺旋弹簧的设计计算 .....	289
习题 .....	294
<b>第 16 章 机械的平衡及速度波动的调节</b> .....	295
16.1 回转件的平衡 .....	295
16.2 机械速度波动的调节 .....	299
习题 .....	303
<b>参考文献</b> .....	305

# 第1章 绪 论

## 1.1 课程概述

### 1.1.1 机械的组成

机械是人类进行物质生产的重要工具，是实现现代化生产的基础，机械化是社会生产力发展水平的重要标志。先进的生产工艺离不开先进的机电设备。今天，机械已经广泛地应用于人们的生产和生活领域。

随着工业的发展，机械产品的种类愈来愈多，常见的有工业上的内燃机、机床、起重机、发电机以及生活中的洗衣机、缝纫机等。图1-1所示为单缸内燃机，它由汽缸、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、弹簧、进气阀推杆等组成。当燃气推动活塞时，通过连杆将运动传至曲轴，使曲轴连续转动，从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。为了保证曲轴连续转动，要求将燃气吸入和排出汽缸，这要通过进气阀和排气阀来完成，而进气阀和排气阀的启闭是通过凸轮、进气阀推杆、弹簧等来实现的。

由于现代产品对自身的功能、可靠性、效益等提出了更为严格的要求，因此，随着新兴技术对机械产品的渗透和应用，现代机械产品正在朝着机械—电子—信息一体化技术的方向发展。

根据机械的功用不同，可以将它们分为动力机械(如内燃机、电动机、发电机和涡轮机等)、工作机械(如金属切削机床、飞机、汽车、包装机、运输机和机械手等)和(作信息传递和变换的)信息机械(如打印机、绘图机、复印机、照相机和放映机等)三类。

机械是机器和机构的总称。

机器是由各种机构组成的机械系统。机器的主要特征是：

(1) 它是人为的实物组合。

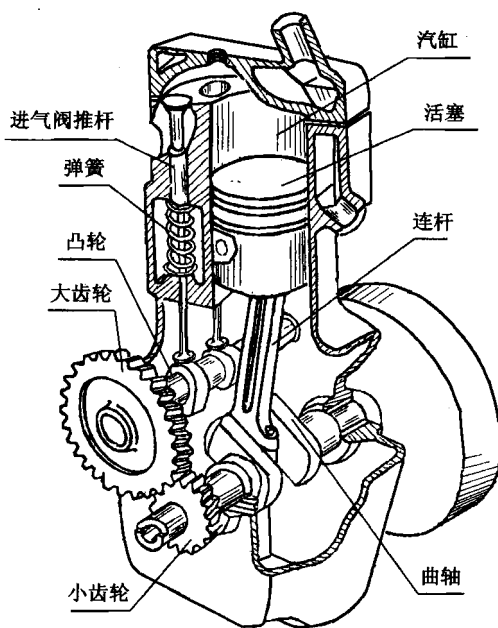


图1-1 内燃机

(2) 各实物间具有确定的相对运动。

(3) 能代替或减轻人类的劳动以完成有效的机械功(如机床),或转换机械能,或实现信息传递和变换。

只有确定的相对运动,而不能代替人作有用的机械功的构件组合,称为机构。例如,摩托车是机器,而自行车是机构。

### 1.1.2 机械中的构件和零件

#### 1. 构件

机构是由构件组成的,构件在机构中具有独立的运动特性,在机械中形成一个运动整体。

如图 1-2(a)所示的内燃机是由活塞、连杆、曲轴和汽缸等构件构成的一个典型的曲柄滑块机构。其中,原动件活塞作直线往复运动,通过连杆带动曲轴作连续转动。

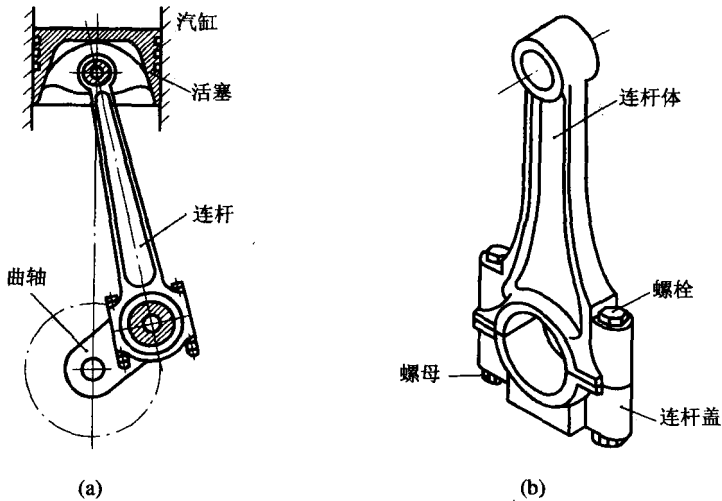


图 1-2 内燃机中的曲柄滑块机构和连杆

#### 2. 机械零件

机械都是由机械零件组成的。机械零件是指机械中每一个单独加工的单元体,如图 1-1 中的曲轴。构件可以是单一的机械零件,也可以是若干机械零件的刚性组合。例如,图 1-2(b)所示的连杆由连杆体、连杆盖、螺栓、螺母等零件组合而成,这些零件之间没有相对运动,是一个运动整体,故属一个构件。所以,构件是运动的单元,零件是制造的单元。

随着机械的功能和类型的日益增多,作为组成机械的最基本单元的零件更是多种多样。通常将机械零件分为通用机械零件和专用机械零件两大类。

通用机械零件是指在各类机械中经常使用的零件。按照用途,可将通用机械零件分为以下几种:

- (1) 连接件,如铆、焊连接件,键连接件,销连接件和螺纹连接件等。
- (2) 传动件,如带传动件、链传动件、齿轮传动件和蜗杆传动件等。

(3) 支承件,如轴、轴承、机架等。

(4) 缓冲(或控制)件,如弹簧等。

专用机械零件是指仅适用于专门用途的零件,如内燃机的曲轴、活塞、机床刀具等。专用机械零件的设计问题在相关的专业课程中有介绍。

为了完成同一使命,在结构上紧密联系在一起的一套协同工作的零件组合,称为部件,如减速器、联轴器、离合器等。

### 1.1.3 本课程的内容、性质和学习方法

本课程除了阐述机械的组成和机械设计的基本原则外,主要研究常用的机械传动(如带传动、链传动、螺旋传动、齿轮传动、蜗杆传动等)和其他常用机构(如连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等)以及通用机械零部件的工作原理、结构特点、材料选择、计算方法的设计、计算方法的选择等,并介绍一些其他基本知识。机电工程技术人员在工作中必然会遇到机械设备管理、维护和使用的问題,要不断学习先进生产制造工艺技术,进行科技改造和创新,这就要求他们必须具备一定的机械基础方面的知识。“机械设计基础”是一门技术基础课程,在学习过程中应综合运用机械制图、工程力学、机械制造工艺学、金属材料学、公差及技术测量等知识来解决实际的机械传动装置和通用机械零部件的设计问题。通过本课程的学习,学生将在机械设计能力、逻辑思维能力、运用规范能力、绘图能力和经验估测能力等方面得到锻炼和提高。

通过学习本课程和进行课程设计、实验等实践性环节,应达到如下要求:

(1) 掌握常用机械传动、常用机构和通用零部件的工作原理、结构特点,掌握选择计算和设计计算的方法。

(2) 学会运用机械设计标准、规范、手册和图册,提高查阅有关技术资料的能力。

(3) 具有设计一般机械传动装置和拟定传动方案的能力。

(4) 具有正确使用和维护一般机械设备的基本知识。

(5) 为专业设备的学习打下必要的理论和实践基础。

由于机械设计涉及的知识面较广,且着重于实际应用,因此学生在初学本课程时,总有个逐渐适应的过程,在学习方法上应有一个转变。学习时,应根据机械零部件的工作条件进行具体分析,并要着重了解设计计算的出发点,有关公式中各参数、系数的物理概念及分析和取值方法;必须重视结构设计在确定零部件的形状、尺寸方面的重要性。在学习过程中,应多做练习,熟悉各参数的选择及承载能力的计算方法,并多绘图,掌握结构设计的特点。

## 1.2 机械设计的基本要求和一般过程

### 1.2.1 机械设计的基本要求

机械设计是机械工程的重要组成部分,是机械生产的第一步,是决定机械性能的最主要因素。机械设计的基本要求是:在实现机械运动和动力功能的前提下,做到性能好、效

率高、成本低，并且可靠性高，操作维护方便。设计者应努力实现在各种限定的条件下(如材料、加工能力、理论分析和计算等)设计出较好的机械，即做到优化设计，使设计的机械具有最优的综合技术经济效果。

机械设计是根据使用要求确定机械的工作原理，对机械结构进行运动和动力分析计算，并将之转化为具体的技术资料，作为生产制造依据的工作过程。

从机械系统的整体来看，根据产业技术的不同，形成了不同的产业机械设计分支学科，如汽车设计、飞机设计、船舶设计、内燃机设计、农业机械设计、纺织机械设计和信息机械设计等。但是，这些专业机械设计中有许多是共性技术，如机械整体方案的拟定，机构的运动分析和综合，零部件的动力性能和承载能力计算以及它们的材料、结构、润滑、密封、工艺性和标准化的确定等，都是机械设计的基础内容。

随着现代科学技术和应用数学的飞跃发展，许多新的设计思想、方法和手段，如设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元、可靠性设计等，促进了机械设计的革新和发展。

机械设计的水平与整个工业的发展水平是相互制约和相互影响的，没有高水平的机械设计和机械制造技术，就没有高水平的机械工业和相关工业。同样，如果没有先进的电子工业、微电子工业和材料工业等，那么新的材料技术、能源技术、信息技术和体现这些技术群体的现代设计方法就不可能在机械设计中得到应用。

### 1.2.2 机械设计的一般过程

机械设计没有一成不变的程序，应视具体情况而定。一般的设计过程如下：

- (1) 明确设计要求(确定所设计机械的预期功能、有关指标和限制条件)。
- (2) 调查研究，制订设计方案，绘制机器运动简图(确定机械的工作原理，拟定几种总体布置方案，进行粗略计算，并分析比较，以选取最佳方案)。
- (3) 进行运动和动力分析，确定主要零部件的运动和动力参数。
- (4) 进行传动零件的设计计算，确定其主要参数。
- (5) 进行零部件结构草图设计，绘制零件工作图、部件装配图和总装图，编制技术文件。

因为影响机械设计质量的因素很多，所以具体设计很难一次成功。以上的设计过程是有机联系、相互交叉进行的过程，而且常常需要多次反复，不断修正。即便是在机械研制完成以后，仍然需要结合制造和使用中出现的问题反复修改设计，以期得到最佳的机械性能。

## 1.3 机械零件的材料选择

机械零件所用的材料是多种多样的，常用的材料有：钢、铸铁、有色金属、非金属材料等。从各种各样的材料中选择出合适的材料和热处理方式，是机械设计中的一个重要问题，也是一个受到多方面因素制约的问题。在此后的相关章节中，将分别介绍根据经验而

推荐的适用材料。以下仅提出选择材料的一般原则，作为选择材料的依据。

### 1.3.1 使用要求

按强度条件设计的零件，当其尺寸和重量都受限制时，应选用强度较高的材料；按刚度条件设计的零件，应选用弹性模量较大的材料；若零件表面接触应力较高(如齿轮)，应选用可以进行表面强化处理的材料(如调质钢、渗碳钢)。此外，对容易磨损的零件(如蜗轮)，应选用耐磨性好的材料；对滑动摩擦下工作的零件(如滑动轴承)，应选用减摩性好的材料；对高温下工作的零件，应选用耐热材料；对在腐蚀性介质中工作的零件，应选用耐腐蚀材料。

### 1.3.2 工艺要求

所谓工艺要求，是指对冷、热加工的要求。零件加工应考虑到零件结构的复杂程度、尺寸大小和毛坯类别。对于外形复杂、尺寸较大的零件，若采用铸造毛坯，则应采用铸造性能好的材料，若采用焊接毛坯，则应选用焊接性能好的低碳钢，因为含碳量超过0.3%的钢难于焊接；对于尺寸较小、外形简单、大量生产的零件，适合冲压或模锻，应选用延展性较好的材料。需要热处理的零件，所选材料应有良好的热处理性能。还要考虑材料的易加工性，包括零件热处理后的易加工性能。

### 1.3.3 经济性要求

在机械的成本中，材料费用约占30%以上，有的甚至达到50%，可见选用廉价材料有重大的意义。为了使零件最经济地制造出来，不仅要考虑原材料的价格，还要考虑零件的制造费用。

选用廉价材料，节约原材料，特别是节约贵重材料，是机械设计的一个基本原则。为此，可采取以下具体措施：

(1) 尽量采用高强度铸铁(如球墨铸铁)来代替钢材，用工程塑料或粉末冶金材料代替有色金属材料。

(2) 采用热处理(包括化学热处理)或表面强化(如喷丸、滚压)等工艺，充分发挥和利用材料潜在的力学性能。

(3) 合理采用表面镀层等方法(如镀铬、镀铜、喷涂减摩层、发黑等)，以减少和延缓腐蚀或磨损的速度，延长零件的使用寿命。

(4) 采用组合式零件结构，使贵重材料用在零件的工作部分，其他非直接工作部分则可采用廉价的材料。例如，大直径的蜗轮常采用青铜齿圈和铸铁轮芯的组合式结构，以节约大量的有色金属。

(5) 改善工艺方法，提高材料利用率，降低成本。例如，采用冷镦锥齿轮代替齿形刨削加工，实现无切削加工。

(6) 用我国富有元素(锰、硅、硼、钼、钒、钛等)合金钢代替稀有元素(铬、镍等)合金钢。在选用材料时，还应注意本国、本地区、本企业的材料供应情况，尽可能就地取材，减少采购和管理费用。



## 1.4 机械零件的载荷和应力

在使用强度计算准则设计机械零件时，需要计算出零件中的应力。应力是由作用在零件上的载荷引起的。机械零件的载荷是指零件工作时所受的外力、弯矩或转矩。

### 1. 载荷的分类

机械零件所受的载荷包括力  $F$ 、转矩  $T$ 、弯矩  $M$  和功率  $P$  等。载荷按其大小和方向是否随时间变化，可分为两类：

- (1) 静载荷：不随时间变化(或变化缓慢)的载荷。
- (2) 变载荷：随时变化的载荷。

在设计计算中，常把载荷分为名义载荷和计算载荷。

- (1) 名义载荷：根据额定功率用力学公式计算出的、作用在零件上的载荷。
- (2) 计算载荷：设计计算时所用的载荷，其值为载荷系数与名义载荷的乘积。载荷系数是考虑冲击、振动或载荷分布不均匀等因素的影响而加的系数。

### 2. 应力的分类

应力分为静应力和变应力两类。

(1) 静应力：大小和方向不随时间变化或变化缓慢的应力。静应力只能在静载荷作用下产生。

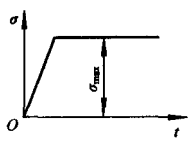
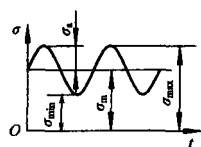
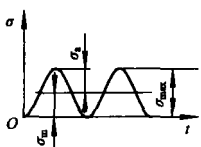
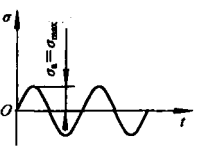
(2) 变应力：大小和方向随时间显著变化的应力。变应力由变载荷产生，也可由静载荷产生。受静载荷作用而产生变应力的零部件有齿轮、带、滚动轴承等。

大多数零件都处于变应力状态下工作。

在变应力中，周期、应力幅和平均应力都不随时间变化的变应力称为稳定变应力，有非对称循环变应力、脉动循环变应力和对称循环变应力三种基本类型。

稳定变应力有五个参数：最大应力  $\sigma_{\max}$ 、最小应力  $\sigma_{\min}$ 、平均应力  $\sigma_m$ 、应力幅  $\sigma_a$  和循环特性  $r$ 。循环特性为最小应力与最大应力的比值。各参数的计算或数值如表 1-1 所示。

表 1-1 稳定变应力的类型与参数

应力类型	静应力	非对称循环变应力	脉动循环变应力	对称循环变应力
类型				
平均应力	$\sigma_m = \sigma_{\min} = \sigma_{\max}$	$\sigma_m = \frac{\sigma_{\min} + \sigma_{\max}}{2}$	$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	
应力幅		$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$	$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	$\sigma_a = -\sigma_{\min} = \sigma_{\max}$
循环特性		$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$		