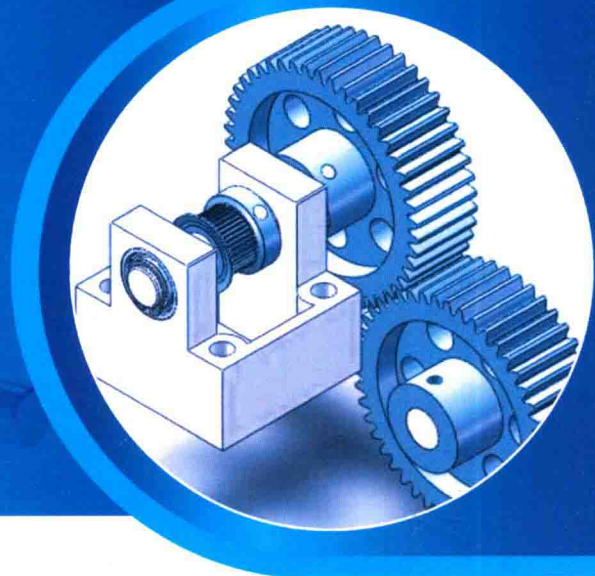




普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材



# 机械设计基础

## (第三版)

主 编 陈晓南 杨培林  
副主编 陈 钢 庞宣明  
主 审 吴宗泽



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

# 机械设计基础

(第三版)

主 编 陈晓南 杨培林  
副主编 陈 钢 庞宣明  
主 审 吴宗泽

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书以培养学生基本的机械设计能力和现代设计意识为目的,根据编者多年来的教学经验,对机械原理、机械设计课程的基本内容进行整合,以实用为原则,适当删去部分内容,增加结构设计内容、现代设计理念和现代设计方法方面的知识。全书共 19 章,分为五篇。第一篇导论,主要介绍关于机械和机械设计的基本概念;第二篇机械设计基础知识,主要介绍机械运动设计、机械零部件工作能力设计和结构设计的基础知识;第三篇机构与机械传动,主要介绍常用的机构和机械传动及其设计,以及机械动力学的基础知识;第四篇连接件和轴系零部件,主要介绍螺纹连接、联轴器、离合器、轴和轴承的设计与选用;第五篇机械系统设计概论,主要介绍机械系统方案设计的基本概念和基础知识。

本书采用二维码技术关联相应数字化资源。

本书可作为高等院校机械类各专业的教材,也可作为相近专业有关课程的参考用书,并可供有关工程技术人员参考。与本书配套出版的《机械设计基础课程设计》(赵卫军,科学出版社)可供读者选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/陈晓南,杨培林主编. —3 版. —北京:科学出版社,2018. 6  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材

ISBN 978-7-03-057915-7

I. ①机… II. ①陈… ②杨… III. ①机械设计-高等学校-教材  
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 127318 号

责任编辑:朱晓颖 / 责任校对:郭瑞芝  
责任印制:吴兆东 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2007 年 2 月第一版 开本:787×1092 1/16

2012 年 6 月第二版 印张:24

2018 年 6 月第三版 字数:624 000

2018 年 6 月第十七次印刷

定价:59.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 第三版前言

本书第二版自 2012 年出版以来，又过去了 6 年。结合 6 年多的教学实践，对本教材第二版的部分内容做了调整、改进与完善，并增加了部分内容，现本书以第三版形式和读者见面。

这次修订的主要工作有：

1. 通过二维码技术，将重点、难点的动画仿真和各章习题详解嵌入书中，用以加深理解，提高学习兴趣、提升教学质量。

2. 考虑到链传动是机械传动的主要形式之一，工程中的应用也比较多，因此在第 11 章增加了链传动内容。

3. 机械本质上是一种系统，因此在前面章节介绍基本机构与典型通用零部件的基础上增加了“机械系统方案设计概论”（第 19 章，杨培林编写），目的是希望在学习完本课程前面内容之后，使读者能够进一步了解机械系统设计的基本知识和基本概念。

4. 对第 2 章内容进行了调整，将其中的“机器的功能分析与功能原理设计”并入第 19 章。

5. 对原书中有些提法以及文字、插图中的疏漏进行了修改、更正。

另外，为便于读者学习，本书配有电子课件，读者可访问 <http://www.sciencereading.cn>，选择“网上书店”，检索图书名称，在图书详情“资源下载”栏目中获取。

由于作者水平所限，疏漏之处在所难免，真诚地希望得到广大读者的批评指正。

作者

2018 年 3 月

## 第二版前言

本书自 2007 年出版以来，已印刷 7 次，得到广大读者的认可。

尽管在第一版的使用过程中，已先后对个别有疏漏的地方做了相应的修改。但是，近年来的教学实践表明，仍有许多地方需要做进一步修改。同时，随着教学改革的发展，也有许多内容需要完善、补充。为此，作者对本书进行了全面修订，以第二版与读者见面。希望通过这次修订，能使本书在质量方面有进一步的提高，得到更多读者的认可。

这次修订的主要工作有：

1. 对在教学实践中明显感到编排不太合适的地方，进行了重新编写。主要是第 9 章。
2. 在介绍机构设计的第 13 章中，适当地增加了一些有关联的设计知识，以充实必要的內容。
3. 对书中有些提法、措辞不够严谨或者表述过于累赘的地方，进行了修改、删节。
4. 更换了个别插图；更正了原书文字、插图及计算中的疏漏。

由于作者水平和时间所限，书中疏漏之处在所难免，殷切希望各位同仁、广大读者批评指正。

作者

2012 年 3 月

# 第一版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，适用于高等工科院校机械工程及相近专业机械设计基础课程的教学。

随着机械类专业教学体系及内容改革的发展，在不少学校，“机械原理”“机械设计”这两门课程有合一的趋势，以形成一个更为系统的机械设计基础类课程。本书就是为了适应这一趋势，同时也结合了我校（西安交通大学）的教学改革与教学实践而编写的。我校对机械基础系列课程（“机械制图”“机械原理”“机械设计”“精度设计”）的改革（包括某些课程的单项改革）已有近 20 年的历史，并逐步形成了以设计为主线的课程体系和教学内容。近年来，在不断的实践过程中，又对机械基础系列课程进行了“大机械设计”课程体系的改革与实践。其特点是：加强实践环节，通过项目驱动学习；实现分层次教学，因材施教。其目标是：重组、融合相关教学内容，建立起内容合理、各内容之间衔接紧密的“大机械设计”课程教学体系，更有利于人才的培养。

作为体系中的一部分，我们对“机械原理”“机械设计”课程进行了重组整合，合并为“机械设计基础”课程，学时数也由原来的 128 减为 64。但是，两门课程的合一，绝不是简单的 1+1 过程，也不是单纯地为了减少学时数，最终目的还是要使学生用较少的学时数完成技术基础课程的学习，具备较扎实和较宽广的机械设计基础知识。所以，与此同时，加强了实践环节（主要是增加了课程设计和实验课的内容及学时），力争使得理论学习与实践结合得更为密切，并希望通过实践项目驱动学习，最后达到培养学生机械设计的能力并增强其现代设计意识的目的。

由此，本书有以下主要特点：

1. 突破了“机械原理”“机械设计”原有的课程界限，从机械系统整体考虑，以机械设计基本理论与方法为主线，以常用机构和典型的机械传动设计为主导，将二者内容进行必要调整实现有机融合，形成一个知识体系更系统、整体性更好的教材，达到用较少学时完成机械设计基础知识学习的目的。

2. 教材以原“机械原理”“机械设计”课程的基本内容为主，以实际、实用为原则，突出设计主线，适当增加结构设计的内容（包括机构的结构设计）和工程设计需要的其他知识，以及现代设计理念和现代设计方法方面的知识。同时较好地处理了少而精与广而深的关系。

3. 在编排结构上，用较多的篇幅介绍了与机械设计有关的概念和基础知识，目的是高屋建瓴，使学生在开始学习本课程时，就能在一个较高的层面对“机械设计”有一个明确的、宏观的认识；同时也对课程涉及的基础性、共性的内容有总体的了解与掌握。试图通过这样的编排方式解决两 W 问题（Why, What），同时又达到提纲挈领的作用，以及节约篇幅与学时的结果。

4. 在编写方式上符合学生的认知规律和课程的教学规律，注重学生综合设计能力的熏陶与培养，使学生能初步掌握、了解机械设计的整个过程。书中各章附有思考题和习题。例题、思考题、习题的选择均注意与工程应用背景相结合。

5. 作为机械设计基础课程，按照我校教学改革的构思，全套教材主要由三部分组成（三者可独立使用，也可配套使用）：机械设计基础（本教材，64 学时）、机械设计基础课程设计

(在编, 64 学时)、机械工程实验(在编, 64 学时)。其指导思想仍是加强实践环节、项目驱动学习以及分层次教学。

6. 本教材既可供机械类专业学生使用, 也可供近机类或非机类专业学生使用。教师可灵活掌握。

本教材分四篇 18 章。参加编写工作的有陈晓南(第 1、3、6、7、9、10、13、14、15、16、18 章)、杨培林(第 2、4、5、8 章)、陈钢(第 11、17 章)、庞宣明(第 12 章)。由陈晓南、杨培林担任主编。

本书承蒙清华大学吴宗泽教授主审。吴先生非常仔细地审阅了全书, 提出了许多宝贵的修改意见, 为本书编写质量的提高给予了极大帮助, 在此向吴先生表示衷心的感谢。

科学出版社编审人员的专业知识、敬业精神以及花费的心血亦为本书的质量和出版提供了保证。在此, 作者也向他们致以衷心的感谢。

作者第一次按这样的体系编写教材, 肯定存在误漏之处, 敬请各位同仁、广大读者批评指正。

作者

2006 年 9 月

# 目 录

## 第一篇 导 论

第 1 章 绪论	2	2.2 机械设计的基本要求和一般程序	5
1.1 机械的组成	2	2.3 机械设计中的常用设计方法	9
1.2 本课程的内容、性质和任务	3	思考题与习题	11
第 2 章 机械设计概述	4		
2.1 机械设计的概念	4		

## 第二篇 机械设计基础知识

第 3 章 机械运动设计与分析基础	13	4.4 机械零件的工作能力设计及材料 选用原则	33
3.1 概述	13	4.5 机械零件的强度和刚度	36
3.2 机构的组成	13	4.6 机械零件的振动稳定性	39
3.3 平面机构运动简图	16	4.7 摩擦、磨损和润滑简介	40
3.4 平面机构的自由度计算	19	思考题与习题	52
3.5 平面机构的速度瞬心	22	第 5 章 机械零部件结构设计基础	53
思考题与习题	25	5.1 概述	53
第 4 章 机械零部件工作能力设计计算基础	28	5.2 结构设计方法	53
4.1 概述	28	5.3 结构设计应考虑的因素	54
4.2 作用在零件上的载荷	28	思考题与习题	58
4.3 机械零件中的应力	30		

## 第三篇 机构与机械传动

第 6 章 平面连杆机构	60	7.3 从动件的几种常用运动规律	82
6.1 概述	60	7.4 盘形凸轮轮廓曲线的设计	85
6.2 平面连杆机构的基本形式及演化	61	7.5 凸轮机构的基本尺寸设计	90
6.3 平面四杆机构的基本特性	68	思考题与习题	92
6.4 平面连杆机构的运动设计	72	第 8 章 齿轮传动	94
思考题与习题	76	8.1 概述	94
第 7 章 凸轮机构	79	8.2 齿廓啮合基本定律	94
7.1 概述	79	8.3 渐开线齿廓	96
7.2 凸轮机构的类型和应用	79	8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮及其啮合 传动	98



8.5	渐开线齿轮的加工方法及齿轮变位的概念	102	11.4	带传动的工作情况分析	177
8.6	齿轮传动的失效形式、设计准则及材料选择	104	11.5	带传动的强度计算	183
8.7	齿轮传动的计算载荷	107	11.6	普通 V 带传动的设计	187
8.8	直齿圆柱齿轮的强度计算	110	11.7	V 带的使用和维护	191
8.9	渐开线斜齿圆柱齿轮传动	121	11.8	同步带传动简介	192
8.10	锥齿轮传动	127	11.9	链传动的的基本结构及特点	193
8.11	齿轮的结构	131	11.10	链传动的工作情况分析	196
	思考题与习题	134	11.11	链传动的设计计算	200
<b>第 9 章</b>	<b>蜗杆传动</b>	136		思考题与习题	202
9.1	概述	136	<b>第 12 章</b>	<b>其他传动类型简介</b>	204
9.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数与几何尺寸计算	138	12.1	概述	204
9.3	蜗杆传动的工作情况分析	141	12.2	棘轮机构	204
9.4	蜗杆传动设计	144	12.3	槽轮机构	207
	思考题与习题	152	12.4	不完全齿轮机构	210
<b>第 10 章</b>	<b>轮系</b>	154	12.5	液压传动简介	212
10.1	概述	154	12.6	气压传动简介	213
10.2	定轴轮系及其传动比计算	154	12.7	电力拖动简介	214
10.3	周转轮系及其传动比计算	156		思考题与习题	219
10.4	混合轮系及其传动比计算	158	<b>第 13 章</b>	<b>机构的组合与结构设计</b>	220
10.5	轮系的功用	159	13.1	概述	220
10.6	行星轮系的效率计算	161	13.2	机构的组合方式	220
10.7	周转轮系各轮齿数的确定	163	13.3	机构的结构设计及应用实例	224
10.8	其他行星齿轮传动简介	164		思考题与习题	231
	思考题与习题	167	<b>第 14 章</b>	<b>机械系统动力学</b>	233
<b>第 11 章</b>	<b>带传动与链传动</b>	170	14.1	概述	233
11.1	概述	170	14.2	机械系统动力学分析原理	233
11.2	带传动的的基本结构及特点	171	14.3	机械系统的速度波动及其调节	239
11.3	V 带和带轮	174	14.4	刚性回转构件的平衡	243
				思考题与习题	249

## 第四篇 连接件和轴系零部件

<b>第 15 章</b>	<b>螺纹连接</b>	253	<b>第 16 章</b>	<b>轴</b>	277
15.1	概述	253	16.1	概述	277
15.2	螺纹连接的基本知识	253	16.2	轴的工作能力计算模型	278
15.3	螺纹连接的预紧和防松	258	16.3	轴的设计	287
15.4	螺纹连接的强度计算	260		思考题与习题	303
15.5	螺栓连接设计	266	<b>第 17 章</b>	<b>轴承</b>	307
	思考题与习题	275	17.1	概述	307

17.2 滑动轴承的类型和典型结构	307	17.10 滚动轴承的静载荷计算	341
17.3 滑动轴承轴瓦结构	309	17.11 轴承装置的结构设计	342
17.4 滑动轴承的工作能力计算	312	思考题与习题	351
17.5 其他滑动轴承简介	321	<b>第 18 章 联轴器与离合器</b>	353
17.6 滚动轴承的主要类型、特点及其代号	323	18.1 概述	353
17.7 滚动轴承的类型选择	330	18.2 联轴器	353
17.8 滚动轴承的工作情况分析	331	18.3 离合器	357
17.9 滚动轴承的额定载荷与寿命	333	思考题与习题	361

## 第五篇 机械系统设计概论

<b>第 19 章 机械系统方案设计概论</b>	363	19.3 机械系统总体方案设计	365
19.1 概述	363	19.4 执行系统方案设计	366
19.2 机械系统的功能分析及功能原理设计	363	19.5 传统系统方案设计	369
		思考题与习题	372
<b>参考文献</b>	373		

# 第一篇 导 论

本篇所介绍的内容是本课程的基本知识。由两章构成，即“绪论”及“机械设计概述”。

在“绪论”中介绍本课程的性质、内容和研究对象，以及关于机械及其组成的基本概念和定义，使读者在开始学习本课程时，能对机械有一个初步的认识。

在“机械设计概述”中，主要介绍什么是机械设计，机械设计的一般方法、遵循的原则等。

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 机械的组成

“机械”“机器”“机构”这些名词大家都不陌生。在日常生活与工作中，人们几乎天天都会接触到各种各样的机器或机械，如汽车、洗衣机、缝纫机、电动机、机床等。机械的应用极大地减轻了人们的体力劳动，提高了生产率并改善了劳动条件。机械的发展及应用水平也已成为衡量一个国家工业水平和现代化程度的重要标志之一。

但什么是机械？什么是机器或机构？它们都有何特征？如何定义？它们之间有什么不同？这就是本章要介绍的内容。

机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料或信息，它是人类在长期的生产实践中逐步创造并发展起来的。现代机器，尽管它们的结构形式不同、性能和用途不一，但从其组成、运动及功能转换关系看，都具有下列三个共同特征：

- (1) 它们都是若干人为实体的组合。
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动。
- (3) 能用来代替人们的劳动去实现机械能与其他形式能之间的转换或做有用的机械功。

而仅具备以上 (1)、(2) 两个特征的则称为“机构”。机器与机构的主要区别就在于：机器具有运动和能量（而且总包含机械能）的转换，而机构只有运动的变换。

显然，机器是由机构组成的。机构是机器的运动部分，是剔除了与运动无关的因素而抽象出来的运动模型，它主要用于研究机器运动，是机械学上的一个术语。一台机器可以包含一个机构或几个机构。功用不同的机器可以具有同样的主要机构。例如，图 1-1 所示的单缸内燃机和图 1-2 所示的冲压机，它们的主体机构都是曲柄滑块机构。机构又是由构件组成的，且具有一定的相对运动关系，因此，构件是机构运动的基本单元体。

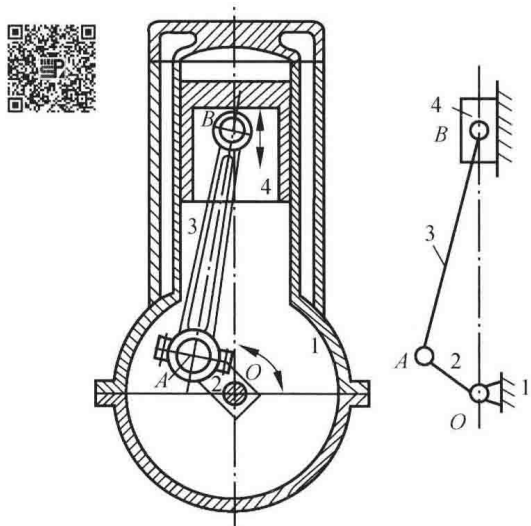


图 1-1 单缸内燃机

1-机架；2-曲柄；3-连杆；4-滑块

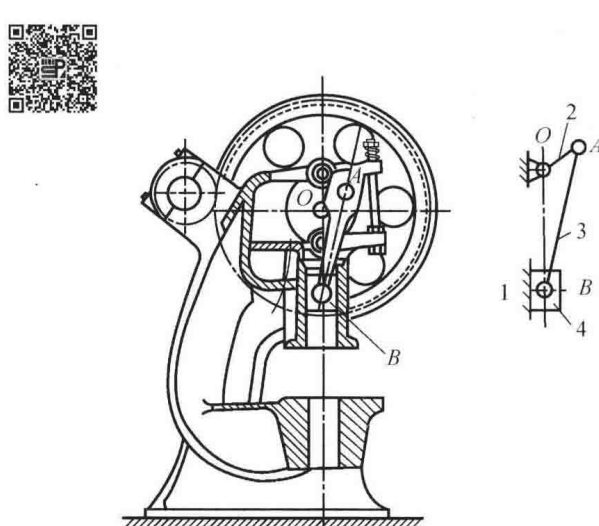


图 1-2 冲压机

1-机架；2-曲柄；3-连杆；4-滑块

一部机器往往包含机械、电气、液压、气动、润滑、控制等部分，各部分各司其职，使机器协调地工作。但就其功能而言，一般由四个部分组成，即驱动部分、传动部分、执行部分、协调控制部分，如图 1-3 所示。



图 1-3 机器的组成

驱动部分是机器的动力源，最常见的动力源有电动机、内燃机等。执行部分是机器中用来产生规定动作以实现机器预定功能的部分。传动部分是机器中将驱动部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节，利用传动系统可实现运动形式、运动参数及动力参数的改变，如把旋转运动变为直线运动、高转速变为低转速、小转矩变为大转矩等。协调控制部分是通过机器中信息的传递、加工处理和反馈对机器进行控制的部分。由于近代机器的功能日益复杂、精度越来越高，协调控制部分在其中的作用就显得尤为重要。

另外，从制造角度来说机器又是由机械零件组成的。所以，机械零件是机器的组成要素和制造单元。机械零件一般又分为通用零件和专用零件。广泛应用于各种不同类型机器中的机械零件称为通用零件，如螺钉、齿轮等。只用于某些特定机器中的机械零件称为专用零件，如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。在通用零件中，具有标准代号的零件或部件又称为标准件。为完成同一使命，在结构上组合在一起并协调工作的一组零件称为部件，如联轴器、离合器等。

若撇开机器在做功和能量转换方面的作用，仅从结构和运动的观点来看，机器与机构并无区别。因此，习惯上用“机械”一词作为机器与机构的总称。但机械与机器在用法上略有不同：机器常用来指一个具体的概念，如内燃机、拖拉机等；而机械则常用在更广泛、更抽象的意义上，如机械化、机械工业等。

## 1.2 本课程的内容、性质和任务

作为机械设计的入门课程，本课程主要介绍机械设计的基本理论和技术，研究机械设计中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、设计方法等。在常用机构中，主要讨论了连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构；在通用零件中，主要研究了常见的机械传动、常用的连接、轴系零部件等。此外，还介绍了机械动力学方面的基础知识。

由此可见，“机械设计基础”是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。通过对本课程的学习（包括它的全部教学环节），可使学生着重掌握机械设计的基本知识、基本理论、基本方法和基本技能，并为后续课程的学习打下必要的基础。

## 第 2 章 机械设计概述

### 2.1 机械设计的概念

“机械设计”具有丰富的内涵，不同时期对设计的理解也不尽相同。一般认为，机械设计是根据市场需求对机械产品的功能、原理方案、技术参数等进行规划和决策，并将结果以一定形式（如图纸、计算说明书、计算机软件等）加以描述和表达的过程。设计质量的高低，将直接关系到机械产品的技术水平和经济效益，因而设计在机械产品开发过程中起着关键性的作用。

早期的设计，仅仅是工匠在头脑中的构思而已，所设计产品的结构也比较简单。随着社会及生产的发展，产品结构日趋复杂，发展到用图纸表达设计人员的设计结果，并按图纸制造产品。这时，设计工作在整个机器的制造过程中才具有相对独立的性质，可以利用图纸对产品进行分析和改进，也可以按图纸进行大规模生产。图纸的出现推动了设计工作的发展。

19 世纪至 20 世纪初，随着机械工业的发展，与机械设计有关的一些基础理论与技术，如理论力学、材料力学、弹性力学、流体力学、热力学、公差与技术测量、机械制图等，逐渐发展成为独立的学科。综合应用这些学科而逐渐形成的机械设计方法，称为传统设计方法。

近几十年来，随着科学技术特别是计算机技术的迅速发展，相应地发展了一系列先进的设计理论与方法，如优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）、虚拟设计等，这些统称为现代设计。它的出现使得机械设计更加科学、更加精确和更加完善。目前现代设计的理论与方法已日趋成熟，并在设计实践中得到广泛应用。

机械设计可以是应用新的原理或概念开发新的机器，也可以是在已有机器的基础上，重新设计或作局部的改进。

功能是机器的核心和本质，是机器为满足用户需求所必须具有的“行为”或必须完成的任务。从某种意义上讲，可以认为“用户购买的不是机器本身，而是机器所具有的功能”。因此，在进行机械设计时，首先应该考虑的是要实现什么功能和如何实现所需的功能。

机器正常工作的前提是组成机器的各个零件能正常工作。由于某些原因机械零件不能在预定的条件下和规定的期限内正常工作时，称为失效。由于具体工作条件和受载情况的不同，机械零件可能出现不同的失效形式，即使是同类零件，也可能出现不同的失效形式。例如，机器中的轴，可能由于疲劳断裂而失效，也可能由于过大的弹性变形，轴所支承的零件不能处于机器中的正确位置而失效。

机械零件在一定工作条件下抵抗失效的能力，称为工作能力。针对各种失效形式，机械零件有各种相应的工作能力。机械设计的主要任务之一就是要保证机械零件有足够的工作能力。

如前所述，机械设计是根据市场需求，对机械产品的功能、原理方案、技术参数等进行规划和决策的过程。不同的机械由于功能、结构形式、用途及工作条件的不同，其设计要求、设计方法及步骤也会有所不同。尽管如此，机械设计仍有其固有的规律和特点，必须满足一些共同的基本要求，遵循一些基本的原则和程序。因此，要想科学合理地进行机械设计，就必须掌握机械设计的一些基本知识和一般规律、机械设计的基本要求和程序、机械零件材料的选用原

则、机构运动方案设计、机械零部件的结构设计及工作能力设计等。

## 2.2 机械设计的基本要求和程序

### 2.2.1 机器设计的基本要求及一般程序

#### 1. 机器设计的基本要求

尽管各种机器的性能、用途及结构形式不同，但在设计时均应满足以下基本要求。

##### 1) 功能要求

如前所述，功能是机器的核心和本质。因此，设计的机器首先应能实现预定的功能，并能在规定工作条件下和规定工作期限内正常运行。

##### 2) 可靠性要求

机器由许多零件及部件组成，机器的可靠性取决于零部件的可靠性。可靠性用可靠度来衡量。机器的零部件越多，其可靠度越低。为了保证机器的可靠度，当组成机器的零部件越多时，对每个零部件的可靠度要求也就越高。因此，在设计机器时应尽量减少零部件数目。

##### 3) 经济性要求

机器的成本包括设计、加工、装配、材料、使用、维护等各环节的成本。设计对机器成本的影响很大，统计分析表明，机器成本的 80% 由设计所决定。因此，设计时应全面考虑以上各环节的成本，以提高机器的经济性。

设计机器时，可通过以下措施提高机器的经济性。

(1) 采用先进的设计方法和设计手段（如 CAD、有限元分析、并行设计等）。这样，一方面可以得到尽可能精确的设计计算结果，并能进行优化设计；另一方面可尽量减少设计中的反复，从而缩短设计周期，降低设计成本。

(2) 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件。

(3) 采用新技术、新工艺、新材料和新结构。

(4) 改善零部件的结构工艺性，使其易于加工、装配和维护，并能节约材料。

(5) 采用合理的润滑方式及密封装置，从而延长机器的使用寿命。

(6) 提高运动副及传动系统的效率，以降低能源消耗。

(7) 提高机器的自动化水平，以提高机器的生产率。

##### 4) 操作方便和安全要求

设计机器时，应根据人机工程学原理使人机关系协调，力求操作方便、省力、舒适，最大限度地减少脑力和体力消耗；降低机器噪声，防止有害介质的泄漏，减少环境污染；力求维护方便并降低维护费用；设置必要的安全防护装置，确保机器运行时的人身安全和机器自身的安全。

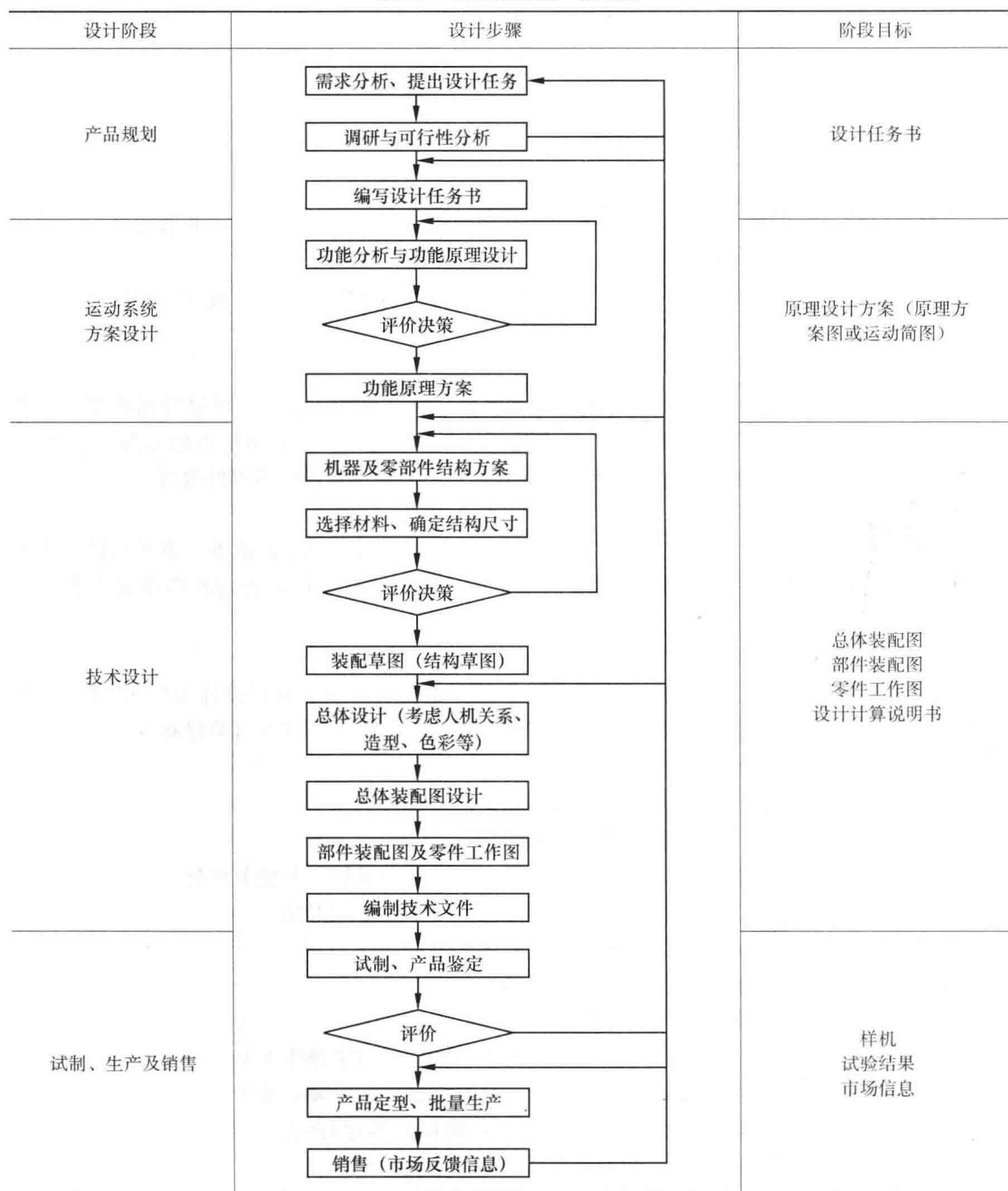
##### 5) 造型、色彩要求

运用工业设计的方法，对机器进行造型和色彩设计，以实现人、机器和环境的完美协调。机械产品的造型和色彩设计，直接影响到产品的销售和竞争力，是机械设计中一个不容忽视的环节。

#### 2. 机器设计的一般程序

机器设计有其固有的规律和特点。为提高设计质量，机器设计应按照一定的程序来进行。机器设计的一般程序如表 2-1 所示，现分述如下。

表 2-1 机器设计的一般程序



### 1) 产品规划

产品规划的主要工作是根据市场需求分析提出设计任务和明确设计要求。产品的市场需求分析包括：市场对产品功能、性能、质量和数量的具体要求，现有类似产品的情况及发展趋势，原材料及配件的现状和价格等。

产品规划阶段还需对设计项目做可行性分析，提出可行性报告。可行性报告的主要内容有：产品开发的必要性和市场调查情况；国内、外类似产品的发展水平；新开发产品预期能达到的水平及经济效益；设计与制造中需解决的关键问题；新技术、新工艺、新材料、新结构的



采用；投资费用及进度计划等。

在以上分析的基础上进一步明确设计任务的全面要求及细节，形成设计任务书。设计任务书大体上应包括机器功能及经济性的估计、基本使用要求、完成设计任务的预计期限等。

### 2) 运动系统方案设计

运动系统方案设计就是根据所要求的机器功能，构思机器的工作原理，并用原理方案图或机构运动简图（参见第3章）来表示。

运动系统方案设计阶段首先要对机器的功能进行分析，确定机器的总功能并将其分解成若干个分功能。在功能分析的基础上，进行功能原理设计，经过评价决策，得到一个较为满意的原理方案。

运动系统方案设计的机械设计中重要环节，也是整个设计的关键所在。运动系统方案是否合理是机器性能好坏的先天性的决定因素，所以必须对机器的运动系统方案设计予以高度重视。

### 3) 技术设计

技术设计的主要工作是将原理方案具体化为机器及零部件的合理结构。技术设计应完成机器的零部件设计及总体设计，并且绘制全套的总体装配图、部件装配图和零件工作图，编制相应的技术文件。

技术设计首先根据原理方案初步设计机器的整体结构及各零部件的结构形状，通过必要的设计计算及装配草图设计，最终确定机器的整体结构及各零件的结构尺寸及材料。装配草图设计应注意协调各零件的结构和尺寸，避免零件之间出现冲突或干涉，同时还应全面考虑所设计零部件的结构工艺性。

在以上设计的基础上，再进行机器的总体设计，最后绘出总装配图。总体设计应从人机工程学、包装、运输、环境保护等角度全面考虑机器的总体布局，并根据工业设计原理对机器的外观造型、色彩进行设计，达到“宜人”的效果。

根据总体装配图，设计部件装配图和零件工作图，绘出全部生产用图纸。编写设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表及有关的工艺文件。

### 4) 试制、生产及销售

经过加工、安装及调试，制造出产品样机并进行样机试验及鉴定，然后组织批量生产和销售。在样机制造、试验及鉴定中可发现设计存在的问题，同时用户在使用过程中也会对产品提出意见或建议。设计人员应根据这些问题、意见或建议，对设计进行修改，进一步完善产品设计。

经过上述四个阶段，即完成了机器设计的全过程。需要注意的是：上述各阶段的设计内容及设计步骤是相互联系、彼此影响的。具体设计过程往往是在各阶段、各步骤之间不断反复、交叉进行的过程，是一个“设计—评价—再设计（修改）”、逐步完善与优化的过程，决不能理解为一个简单的顺序过程。

## 2.2.2 机械运动系统方案设计的基本要求及程序

运动系统方案设计的基本要求是使机构的运动特性（包括运动学特性和动力学特性）满足使用要求或功能要求，并力求机构简洁、运动可靠。机械运动系统方案设计的一般程序如下。

### 1) 确定机械运动系统的技术原理

利用功能原理设计思想，根据使用要求或功能要求确定机械运动系统的技术原理。技术原理的好坏在很大程度上决定着机器设计的成败。