

机械设计基础

◎ 张均富 杜强 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育机械类课程规划教材

机械设计基础

主 编 张均富 杜 强

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书是为适应当前“新工科”建设形势下对课程重构和教学内容的改革，根据部分机械类和近机类相关专业的《机械设计基础》课程教学要求编写而成的。

全书共 13 章，主要内容包括机械设计的一般规律、平面机构的结构与运动分析、连杆机构与凸轮机构工作原理与运动设计、传动机构工作原理与传动元件设计、轴系零部件、连接件、其他机构和零部件以及机械的平衡与调速等。教材使用过程中可根据专业特点选用教学内容，各章均附有思考题和习题。

本书可作为机械电子工程、材料成型、车辆工程、汽车服务工程、工业设计等机械类、近机类专业的教材，也可供其非机类专业的师生和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础 / 张均富, 杜强主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 8 (2019. 9 重印)

ISBN 978-7-5682-7420-3

I. ①机… II. ①张… ②杜… III. ①机械设计-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 174524 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 446 千字

版 次 / 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 9 月第 2 次印刷

定 价 / 50.00 元

责任编辑 / 莫 莉

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 杜 枝

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

Preface

《机械设计基础》是部分机械类和近机类相关专业的一门重要技术基础课。为适应“新工科”建设形势下对课程重构和教学内容的改革，教学团队针对机械电子工程、材料成型、车辆工程、汽车服务工程、工业设计等机类、近机类专业，组织编写了本教材。教材的编写融入了教学团队近年在教学改革方面的部分成果。

本教材编写按照“突出基础理论与方法、落脚工程设计”的原则，同时兼顾机类和近机类专业的《机械设计基础》课程教学要求。编写过程中考虑了机械类专业（机械电子工程、材料成型、车辆工程等）的工程教育专业认证对机械设计原理与方法的要求。

本教材将机械原理和机械设计两门课程的内容有机地融合。从机器的组成引出机构和机械零件的概念后，首先介绍平面机构的结构与运动分析，随后介绍连杆机构、凸轮机构等常用机构的工作原理与运动设计，然后介绍各类传动机构的工作原理及传动元件的设计方法，最后介绍轴系零部件、连接件和其他零件。教材使用过程中可根据专业特点选用教学内容，各章均附有思考题和习题。

本教材由西华大学机械基础课程教学团队编写。张均富、杜强担任主编。全书共13章，第1、5章由张均富编写，第2、8、12章由杜强编写，第3、9、13章由李雪琴编写，第4、10、11章由晏静江编写，第6、7章由李双双编写，孔春岩、张然参与全书的校样和修订。

由于编者学识水平有限，本书误漏之处在所难免，恳切期望专家和读者批评指正。

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 课程研究对象与内容	(1)
1.1.1 机械工业的重要地位与作用	(1)
1.1.2 课程研究对象	(1)
1.1.3 课程研究内容	(2)
1.2 机械设计概论	(3)
1.3 机械设计的一般程序	(5)
1.4 机械零件的工作能力与设计准则	(6)
1.4.1 机械零件的工作能力	(7)
1.4.2 机械零件的主要失效形式	(7)
1.4.3 载荷与应力	(8)
1.4.4 机械零件的设计准则	(10)
1.5 机械零件的材料及选用原则	(11)
1.6 现代设计方法简介	(12)
思考题	(13)
习 题	(14)
第 2 章 平面机构的结构与运动分析	(15)
2.1 机构的组成与分类	(15)
2.1.1 运动副	(15)
2.1.2 运动链	(16)
2.2 机构的运动简图	(17)
2.2.1 机构运动简图与机构示意图	(17)
2.2.2 机构运动简图的绘制	(19)
2.3 机构的自由度计算	(21)
2.3.1 机构自由度计算	(21)
2.3.2 机构具有确定运动的条件	(21)
2.3.3 机构自由度计算应注意的事项	(22)

2.4	机构的运动分析	(25)
2.4.1	机构速度分析的瞬心法	(26)
2.4.2	机构运动分析的相对运动解法	(29)
	思考题	(34)
	习题	(34)
第3章	平面连杆机构及其设计	(39)
3.1	平面四杆机构的类型与应用	(39)
3.1.1	铰链四杆机构	(39)
3.1.2	铰链四杆机构的演化机构	(41)
3.2	平面连杆机构的基本知识	(44)
3.2.1	铰链四杆机构曲柄存在的条件	(44)
3.2.2	铰链四杆机构的急回特性	(45)
3.2.3	铰链四杆机构的传动角和死点	(46)
3.2.4	铰链四杆机构的运动连续性	(48)
3.3	平面连杆机构的运动设计	(48)
3.3.1	连杆机构设计的基本问题	(48)
3.3.2	作图法设计四杆机构	(49)
	思考题	(52)
	习题	(52)
第4章	凸轮机构及其设计	(55)
4.1	凸轮机构的应用及分类	(55)
4.1.1	凸轮机构的应用	(55)
4.1.2	凸轮机构的分类	(55)
4.2	凸轮机构从动件运动规律	(57)
4.2.1	凸轮机构的基本运动参数	(57)
4.2.2	从动件常用运动规律	(58)
4.2.3	从动件运动规律的选择	(60)
4.3	凸轮轮廓曲线的设计	(60)
4.3.1	凸轮轮廓曲线设计的基本原理	(60)
4.3.2	常用凸轮轮廓曲线设计	(61)
4.4	凸轮机构基本尺寸的确定	(63)
4.4.1	压力角	(63)
4.4.2	基圆半径	(64)
4.4.3	滚子半径	(64)
	思考题	(65)
	习题	(66)

第 5 章 齿轮机构及传动	(69)
5.1 齿轮传动的特点及分类	(69)
5.1.1 齿轮传动的特点	(69)
5.1.2 齿轮传动的分类	(69)
5.1.3 齿轮传动的要求	(70)
5.2 渐开线齿轮传动	(71)
5.2.1 渐开线齿廓的形成及其特性	(71)
5.2.2 渐开线齿廓的主要性质	(72)
5.2.3 渐开线齿廓的啮合特点	(72)
5.2.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	(73)
5.2.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(76)
5.3 渐开线齿廓的切制原理	(78)
5.3.1 齿廓切制的基本原理	(78)
5.3.2 根切现象及不发生根切的最少齿数	(79)
5.3.3 变位齿轮	(80)
5.4 齿轮传动的失效形式及设计准则	(81)
5.4.1 齿轮传动的失效形式	(81)
5.4.2 齿轮传动的计算准则	(84)
5.5 齿轮的材料及其选择原则	(85)
5.5.1 齿轮的材料及其选择原则	(85)
5.5.2 齿轮热处理	(86)
5.6 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(87)
5.6.1 直齿圆柱齿轮传动的载荷计算	(87)
5.6.2 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(91)
5.7 斜齿圆柱齿轮传动	(106)
5.7.1 斜齿圆柱齿轮的形成原理	(106)
5.7.2 斜齿轮的几何尺寸计算	(108)
5.7.3 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(108)
5.8 直齿圆锥齿轮传动	(112)
5.8.1 直齿圆锥齿轮概述	(112)
5.8.2 背锥及当量齿轮	(113)
5.8.3 锥齿轮的几何尺寸	(114)
5.8.4 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(115)
5.9 蜗杆传动	(117)
5.9.1 蜗杆传动概述	(117)
5.9.2 蜗杆传动的正确啮合条件及基本参数	(118)
5.9.3 蜗杆传动的受力分析	(119)

5.9.4	蜗杆传动的失效形式及设计准则	(120)
5.10	齿轮传动的润滑	(121)
5.11	齿轮的结构设计	(122)
5.12	轮系	(124)
5.12.1	轮系的分类	(124)
5.12.2	轮系传动比的计算	(125)
5.12.3	轮系的功用	(131)
	思考题	(132)
	习 题	(133)
第6章	带传动	(136)
6.1	概述	(136)
6.1.1	带传动的工作原理及类型	(136)
6.1.2	带传动的特点和应用	(138)
6.2	带传动的几何计算	(139)
6.3	带传动的工作情况分析	(140)
6.3.1	带传动中力的分析	(140)
6.3.2	带的应力	(141)
6.3.3	带的弹性滑动和打滑	(142)
6.4	普通 V 带传动的设计计算	(143)
6.4.1	V 带传动的失效形式及设计准则	(143)
6.4.2	V 带传动的设计方法与步骤	(145)
6.5	V 带带轮的结构设计	(150)
6.6	带传动的张紧、安装和维护	(151)
6.6.1	带传动的张紧装置	(151)
6.6.2	V 带传动的安装与维护	(152)
	思考题	(152)
	习 题	(153)
第7章	链传动	(154)
7.1	链传动的特点及应用	(154)
7.2	滚子链链条与链轮	(155)
7.2.1	滚子链链条	(155)
7.2.2	滚子链链轮	(156)
7.3	链传动的工作情况分析	(157)
7.3.1	链速和传动比	(157)
7.3.2	链传动的运动特征	(157)
7.3.3	链传动的动载荷	(158)
7.3.4	链传动的受力分析	(158)

7.4	链传动的设计计算	(159)
7.4.1	链传动的失效形式	(159)
7.4.2	额定功率	(159)
7.4.3	主要参数的选择	(160)
7.5	链传动的布置、张紧和润滑	(164)
7.5.1	链传动的布置、张紧	(164)
7.5.2	链传动的润滑	(165)
	思考题	(166)
	习 题	(166)
第8章	轴	(168)
8.1	概 述	(168)
8.1.1	轴的分类	(168)
8.1.2	轴的失效形式	(169)
8.1.3	轴的设计过程	(169)
8.1.4	轴的材料	(170)
8.2	轴的结构设计	(171)
8.2.1	轴的结构	(171)
8.2.2	轴径初步估算	(172)
8.2.3	轴上零件的定位和固定	(172)
8.2.4	轴的结构工艺性	(173)
8.2.5	提高轴强度的措施	(174)
8.3	轴的强度计算	(175)
8.3.1	轴的简化	(175)
8.3.2	按弯扭组合强度校核计算	(175)
	思考题	(178)
	习 题	(179)
第9章	轴 承	(181)
9.1	概述	(181)
9.2	滑动轴承	(181)
9.2.1	滑动轴承的分类	(182)
9.2.2	径向滑动轴承的结构	(182)
9.2.3	轴瓦的结构与材料	(183)
9.2.4	滑动轴承的润滑	(185)
9.3	滚动轴承的类型及其代号	(188)
9.3.1	滚动轴承的结构	(188)
9.3.2	滚动轴承的分类	(189)
9.3.3	滚动轴承的代号	(191)

9.4	滚动轴承的选择	(193)
9.4.1	滚动轴承的类型选择	(193)
9.4.2	滚动轴承的尺寸选择	(194)
9.5	滚动轴承的组合结构设计	(206)
9.5.1	滚动轴承支撑端的结构形式	(206)
9.5.2	滚动轴承的配合	(207)
9.5.3	提高轴系刚度的措施	(208)
9.5.4	滚动轴承的游隙及轴上零件位置的调整	(210)
9.5.5	滚动轴承的安装和拆卸	(211)
9.5.6	滚动轴承的润滑和密封	(212)
	思考题	(214)
	习题	(215)
第10章	连接	(218)
10.1	概 述	(218)
10.1.1	连接的分类	(218)
10.1.2	连接的选择	(218)
10.2	螺纹与螺纹连接件	(219)
10.2.1	螺纹的分类	(219)
10.2.2	螺纹的基本参数	(219)
10.2.3	螺纹连接的基本类型	(220)
10.2.4	螺纹连接的材料	(222)
10.3	螺纹连接的预紧与防松	(223)
10.3.1	螺纹连接的预紧	(223)
10.3.2	螺纹连接的防松	(224)
10.4	螺栓连接受力分析与强度计算	(226)
10.4.1	螺栓组连接的受力分析	(226)
10.4.2	螺栓连接的强度计算	(229)
10.4.3	提高螺栓连接强度的措施	(233)
10.5	轴毂连接	(235)
10.5.1	键连接	(235)
10.5.2	销连接	(240)
10.5.3	其它连接	(241)
	思考题	(242)
	习题	(243)
第11章	其它常用机构	(245)
11.1	棘轮机构	(245)
11.1.1	棘轮机构的基本型式和工作原理	(245)

11.1.2 棘轮机构的分类.....	(245)
11.2 槽轮机构.....	(246)
11.3 螺旋机构.....	(247)
11.3.1 螺旋传动的类型和应用.....	(247)
11.3.2 滑动螺旋的结构.....	(248)
11.4 不完全齿轮机构.....	(248)
11.4.1 不完全齿轮机构的工作原理和特点.....	(248)
11.4.2 不完全齿轮机构的类型和应用.....	(249)
思考题.....	(249)
习 题.....	(250)
第 12 章 联轴器、离合器与制动器	(251)
12.1 联轴器.....	(251)
12.1.1 联轴器的类型.....	(251)
12.1.2 联轴器的选用.....	(253)
12.2 离合器.....	(255)
12.3 制动器.....	(256)
思考题.....	(258)
习 题.....	(258)
第 13 章 机械的平衡与调速	(259)
13.1 刚性转子的平衡.....	(259)
13.1.1 机械平衡的目的及分类.....	(259)
13.1.2 刚性转子的平衡设计.....	(260)
13.1.3 刚性转子的平衡实验.....	(263)
13.1.4 刚性转子的平衡精度.....	(264)
13.2 机械的速度波动与调速.....	(266)
13.2.1 机械系统的运转过程.....	(266)
13.2.2 机械系统速度波动的调节.....	(267)
思考题.....	(272)
习 题.....	(273)
附录一.....	(274)
附录二.....	(275)
参考文献.....	(287)

第 1 章

绪 论

1.1 课程研究对象与内容

1.1.1 机械工业的重要地位与作用

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。自十八世纪中叶工业文明开启以来，世界强国的兴衰史和中华民族的奋斗史一再证明，没有强大的制造业，就没有国家和民族的强盛。打造具有国际竞争力的制造业，是我国提升综合国力、保障国家安全、建设成为世界强国的必由之路。

机械工业指机器制造工业。机器制造工业是工业的心脏，它为工业、农业、交通运输业、国防等提供技术装备，是整个国民经济和国防现代化的物质技术基础，因此，机器制造工业的能力及机器装备自给水平是衡量一国经济发展水平与科学技术水平的真正标志。

1.1.2 课程研究对象

本课程的研究对象是机械，研究有关机械的基本理论问题，如机械系统设计及机械零部件设计的方法和原理。

机械是一切具有确定的运动系统的机器和机构的总称。机械（machine）这个词源自于希腊语 *Mechine* 及拉丁文 *Machina*，英国机械学家威利斯（R. Willis）在其《机构学原理》中对机械所给的定义是：“任何机械都是由用各种不同方式连接起来的一组构件组成，使其中一个构件运动，其余构件将发生一定的运动，这些构件与最初运动之构件的相对运动关系取决于它们之间连接的性质。”德国机械学家勒洛（F. Reuleaux）在其《理论运动学》中对机械的定义为：“机械是多个具有抵抗力之物体的组合体，其配置方式使得能够借助它们强迫自然界的机械力做功，同时伴随着一定的确定运动。”

机器是根据某种使用要求而设计的机械系统，可以用来变换或传递能量、物料与信息。比如，电动机、内燃机用来变换能量；机床用来变换物料的状态；汽车、起重机用来传递物料；计算机用来变换信息。从能量角度定义，机器为利用或转换机械能的装置，将

其他形式的能量转换为机械能的称为原动机，如内燃机、蒸汽机，电动机等；利用机械能来做有用功的称为工作机，如各种机床、起重机、压缩机等。

机器贯穿在人类历史的全过程中，但是近代真正意义上的机器，却是在西方工业革命后才逐步被发明出来。机器是人们改造世界和现代化生活的重要工具，机器的发明、使用和发展是现代社会发展的一个重要创新过程。在这一创新过程中，人们总结出了进行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。

机构是现代机械系统的骨架，是在系统中用来传递运动和力，或改变运动形式的机械装置。机构一般为由两个或两个以上构件通过活动联接形成的构件系统。按组成的各构件间相对运动的不同，机构可分为平面机构（如平面连杆机构、圆柱齿轮机构等）和空间机构（如空间连杆机构、蜗轮蜗杆机构等）；按运动副类别可分为低副机构（如连杆机构等）和高副机构（如凸轮机构等）；按结构特征可分为连杆机构、齿轮机构、斜面机构、棘轮机构等；按所转换的运动或力的特征可分为匀速和非匀速转动机构、直线运动机构、换向机构、间歇运动机构等；按功用可分为安全保险机构、联锁机构、擒纵机构等。

一台机器可能是由一种机构组成，也可能是由若干种机构组成，它们按一定的规律相互协调配合，通过有序的运动和动力的传递与变换来完成预期的功能。构件是组成机构的基本要素之一，而构件可以由一个或多个零件刚性连接作为一个整体运动，如图 1.1 所示。因此，从运动的角度看，任何机器都是由若干个构件组成的。同时也可看出，机器是由许多零件、部件组成的一个整体。构件是机器中的独立运动单元，零件则是机器中的独立制造单元。

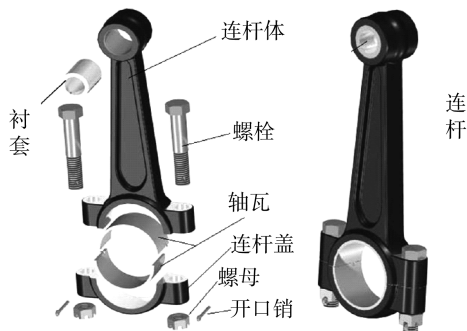


图 1.1 连杆的组成

零件可分为通用零件和专用零件，通用零件是大多数机械经常使用的零件，如螺纹、齿轮、链条、轴承等；专用零件是指某种特殊机械上专门使用的零件，如内燃机曲轴、螺旋桨、犁铧、枪栓等。部件是指为完成同一功能在结构上组合在一起并协调工作的零件，如滚动轴承。

1.1.3 课程研究内容

本课程属于设计性课程，设计活动则是创新的策划、起点和关键环节。其基本内容及基本要求如下。

(1) 机构的结构分析。机构的结构分析包括机构的基本组成，运动链、机构的约束及

自由度，运动链及机构的构型设计。机构的结构分析要求掌握机构的组成要素、机构运动简图的绘制方法，能正确计算运动链及机构的自由度，掌握机构具有确定运动的条件。

(2) 机构的运动分析。机构的运动分析要求掌握机构运动分析的基本原理和方法。机构的运动分析是了解机构运动性能的必要手段，也是设计新机械的重要步骤。

(3) 常用机构的分析与设计。常用机构的分析与设计要求了解常用平面机构的基本结构、类型与应用；掌握机构的运动分析、设计理论与方法，了解机构的运动及传力特性与选择原则；能对常用机构（平面四杆机构、齿轮机构及平面凸轮机构）按基本运动要求进行尺寸设计。

(4) 机械动力学。机械动力学要求掌握平面机构动态静力分析的方法，了解连杆机构的动力学特性；了解刚体机械平衡的原理与方法；了解周期性速度波动的调节原理与方法。

(5) 通用零部件的设计与选用。通用零部件包括螺纹连接、键和销、机械传动元件（带、链和齿轮）、轴系零部件（轴、轴承）等，通用零部件的设计与运用要求掌握在普通工作条件下的一般参数的通用零部件的设计理论与方法。

学生通过学习本课程，应具有设计一般机械装置和简单机械的能力，具有分析机械零部件失效原因和提出改进措施的能力，具有运用标准、规范、图册等有关资料的能力。

1.2 机械设计概论

一部机器的质量基本上决定于设计质量，机器的设计阶段是决定机器好坏的关键。它是一个创造性的工作过程，同时也是一个尽可能多地利用已有成功经验的工作。

机械设计根据实际情况的不同可以分成3种类型。

(1) 变形设计。变形设计是指在机械产品的工作原理和功能结构不变的条件下，为了适应工艺条件或使用要求，改变产品的具体参数和结构。

(2) 适应性设计。适应性设计是指在现有机械产品的工作原理、设计方案不变的前提下，仅作局部变更或增加附加功能，在结构上作相应调整，使产品更能满足使用要求。

(3) 开发性设计。开发性设计是指在机械产品的工作原理和具体结构等完全未知的情况下，应用成熟的科学技术或经过实验证明可行的新技术开发设计新产品，这是一种完全创新的设计。

机械设计应满足的基本要求如下。

1. 满足社会需求

机械产品的设计总是以社会需求为前提，一项产品的性能应尽量满足用户的需求。没有需求就没有市场，也就失去了产品存在的价值和依据。社会的需求是变化的，不同时期、不同地点、不同的社会环境就会有不同的市场行情和需求。产品应不断地更新改进，适应市场的变化，否则就会滞销、积压，造成浪费，影响企业的经济效益，严重时甚至导致企业倒闭。所以，设计师必须确立市场观念，以社会需求和为用户服务作为最基本的出发点。

需求是指对功能的需求，用户购买产品就是购买产品的功能。产品的功能是与技术、经济等因素密切相关的。通常随着功能的增加，产品的成本也随之上升。所以设计师就必须进行市场调查和用户访问，在查清了市场当前的需求和预测了今后的需求之后，然后对产品进行功能分析，遵循保证基本功能、满足使用功能，剔除多余功能、增加新颖功能、恰到好处地利用功能的原则，提高功能价值，降低实现成本，力求提高产品的竞争力。

2. 具有良好的可靠性

可靠性是指产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力。这里所指的“产品”可以是零件、部件等，也可以是整机系统。“规定条件”是指对产品进行可靠性考核时所规定的使用条件和环境条件，包括载荷状况、工作制度、应力、强度、湿度、粉尘及腐蚀等，也包括操作规程、维修方法等。“规定时间”是指对产品可靠性考核时所规定的时间，包括运行时间、应力循环次数、行驶的里程等。“规定功能”是指对产品考核的具体功能。产品规定功能的丧失称为失效，可修复产品的失效也称为故障。

可靠性是衡量产品质量的一个重要指标，提高产品可靠性最有效的方法是进行可靠性设计。设计者应从整机系统出发，对可能发生的故障和失效进行预测和分析，采取相应的预防措施；对整机系统可靠性有关键影响的零部件应进行可靠性分析和设计。衡量产品可靠性的指标有很多，机械产品常用的可靠性指标主要有可靠度 R 、失效概率 F 等。

可靠度 R ：指产品在规定条件下和规定时间（寿命）内完成规定功能而不发生故障或失效的概率，其范围为 $0 \leq R \leq 1$ 。

失效概率 F ：指在规定条件下和规定时间内完成规定功能时发生故障或失效的概率。失效概率也称不可靠度，其范围为 $0 \leq F \leq 1$ 。因为失效和不失效是对立事件，所以 $F = 1 - R$ 。

3. 具有较好的经济性

提高产品的经济性，既是增加产品市场竞争力、赢得用户的需要，也是节约社会劳动、提高社会效益的需要。提高产品的经济性是以寿命周期成本最低为目标的。

寿命周期成本：指产品从规划、设计、制造、使用直至报废的整个寿命周期内所支出费用的总和。寿命周期成本的组成公式为

$$\text{寿命周期成本} = \text{生产成本} + \text{使用成本}$$

其中，生产成本由直接成本和间接成本组成。生产成本的组成公式为

$$\text{生产成本} = \text{直接成本} + \text{间接成本}$$

使用成本包括运行成本和维修成本。机械产品通常是寿命周期较长的耐用消费品，其使用费用累积额可能相当可观。

直接成本主要包括研究与设计、材料及采购、加工和装配等与生产直接有关的各项成本。间接成本主要包括管理、销售、广告、公用事业、保险福利、研究开发及利息等各项非直接生产环节的支出分摊到该产品的成本。

产品的销售价格由生产成本及利、税组成，它是提高产品竞争力的一个重要指标。其组成公式为

$$\text{销售价格} = \text{生产成本} + \text{利润} + \text{税金}$$

4. 符合安全、环保要求

1) 机器执行预期功能的安全性

机器执行预期功能的安全性即机器运行时系统本身的安全性，如满足必要的强度、刚度、稳定性、耐磨性等要求，因此，在设计时必须按有关规范和标准进行设计计算。另外，为了避免机器由于意外原因造成故障或失效，常需要配置过载保护、安全互锁等装置。例如，为了保证传动系统在过载时不致损坏，常在传动链中设置安全离合器或安全销。又如，为保证机器安全运行，离合器与制动器必须设计成互锁结构，即离合器与制动器不能同时工作。

2) 人-机-环境系统的安全性

机器是为人类服务的，同时它又在一定的环境中工作，人、机器、环境三者构成一个特定的系统。机器工作时不仅机器本身应具有良好的安全性，而且对使用机器的人员及周围的环境也应有良好的安全性。

5. 零部件“三化”要求

在机械设计中应尽可能地遵循标准化的原则。机械产品标准化的内容包括标准化、系列化和通用化三方面，简称机械产品的“三化”。机械产品的“三化”有利于大规模的生产，提高生产速率。

标准化是对机械零件的种类、尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法、公差配合及制图规范等制定出相应的标准，供设计、制造及修配中共同遵照使用，如螺栓、螺母、垫圈等的标准化。

系列化是指产品按主要参数分档，形成一定系列的产品，这样可用较少规格的产品满足不同的需要，如圆柱齿轮减速器系列，系列化是标准化的重要组成部分。

通用化是对不同规格的同类产品或不同类产品，在设计中尽量采用相同的零件或部件，如几种类型不同的轿车可以采用相同的轮胎。通用化是广义的标准化。

1.3 机械设计的一般程序

一部完整的机器是一个复杂的系统。要提高其设计质量，必须有一个科学的设计程序。机械设计的一般程序如图 1.2 所示。

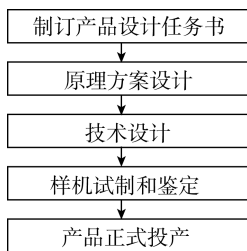


图 1.2 机械设计的一般程序

1. 制订产品设计任务书

根据用户要求，确定所要设计机械的功能和工作指标，研究分析其实现的可能性，制

订产品设计任务书。任务书中必须明确规定机械产品的名称、功能、生产速率、主要性能指标、可靠性和使用维护要求、工作条件、生产批量、预定成本、设计和制造完成日期以及其他特殊要求。

2. 原理方案设计

根据设计任务书的要求, 进行调查研究, 并充分了解用户意见及制造单位的技术设备、工艺能力、材料供应情况。在此基础上确定实现预定功能的机械的工作原理, 拟定机械的总体布置、传动方案和机械运动简图等。在方案设计阶段中, 往往需要进行多种方案的全面分析对比和技术经济评价。从中选定最佳设计方案, 然后按比例画出初步设计总图。

3. 技术设计

在方案设计的基础上, 进行运动设计、动力设计、结构和主要零部件的工作能力(强度、刚度、寿命)设计, 完成装配图、零件工作图及编写出设计计算说明书等技术文件。

技术设计阶段的目标是设计出总装配草图和部件装配草图。通过草图设计、确定出各部件及零件的外形及基本尺寸, 包括各部件间联接零、部件的外形及基本尺寸。为确定主要零件的基本尺寸, 需进行以下几个设计与计算。

(1) 机器的运动学设计——确定原动机的参数及各运动构件的运动参数。

(2) 机器的动力学计算——计算各主要零件上所受的名义载荷。

(3) 零件的工作能力设计——已知主要零件所受的名义载荷, 即可作零件的初步设计, 确定零件的基本尺寸。

4. 样机试制和鉴定

根据技术设计所提供的图纸等技术文件进行样机试制, 并对试制出的样机进行性能测试; 组织鉴定, 进行全面的技术经济评价。其内容主要包括动力特性审查、标准化审查、工艺审查、成本预测等, 同时可适当修改设计, 以完善设计方案。

5. 产品正式投产

将机械的全套设计图纸(总装图、部装图、零件图、电气原理图、安装地基图、备件图等)和全套技术文件(设计任务书、设计计算说明书、试验鉴定报告、零件明细表、产品质量标准、产品检验规范、包装运输技术条件等)提交产品定型鉴定会评审。评审通过后, 由有关职能部门下达任务, 进行批量生产并投放市场, 交付用户使用, 并不断总结使用中的经验, 为将来的改进设计提供依据。

1.4 机械零件的工作能力与设计准则

机械零件的主要尺寸常常需要通过理论计算确定。理论设计计算是根据零件的结构特点和工作情况, 将它合理简化成一定的物理模型, 运用理论力学、材料力学、流体力学、摩擦学、热力学、机械振动学等理论知识推导出设计公式、结合实验数据进行设计。理论设计计算可分为设计计算和校核计算两种。

(1) 设计计算: 按设计公式直接求得零件的有关主要尺寸。

(2) 校核计算: 已知零件各部分尺寸, 用设计公式校核它是否满足有关的设计计算准则。