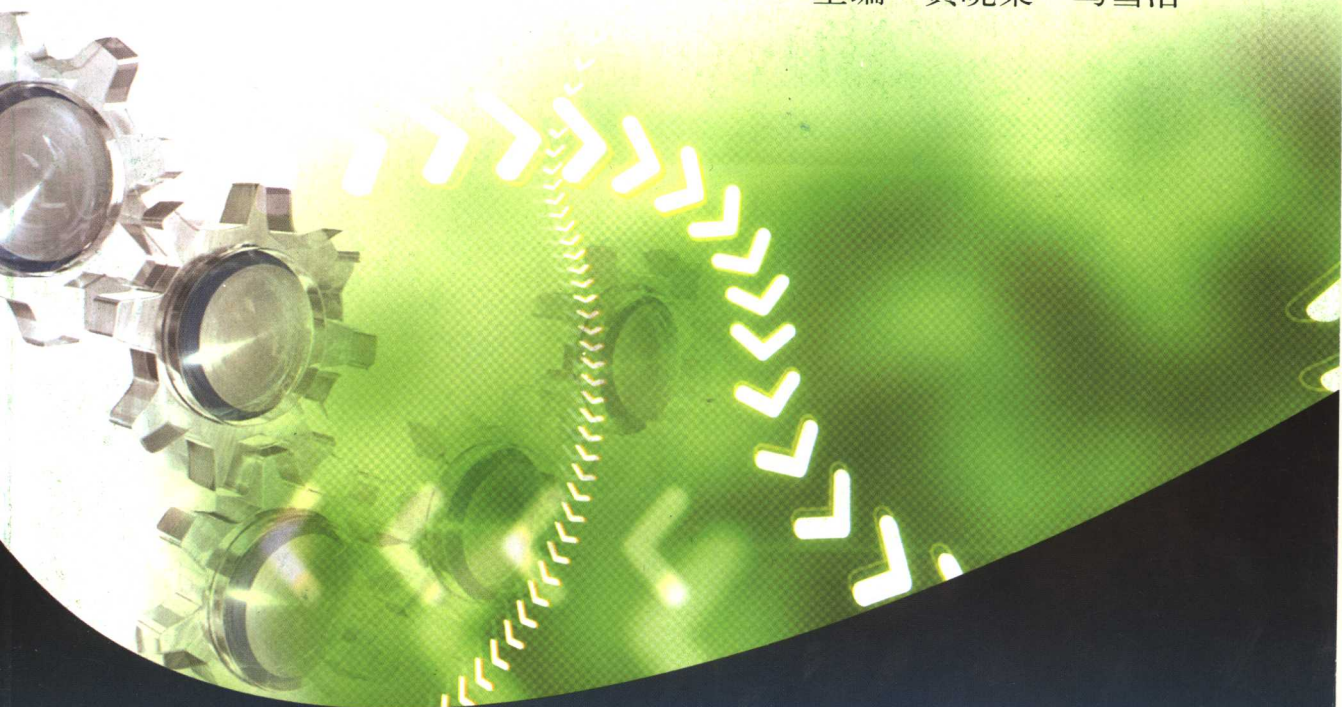


高职高专“十一五”规划教材

● 机电系列

机械工程设计 基础

主编 黄晓荣 马雪洁



 大象出版社
全国优秀出版社

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

机械工程设计基础

主编 黄晓荣 马雪洁

 大象出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械工程设计基础/黄晓荣,马雪洁主编. —郑州:大象出版社,
2007.9

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

ISBN 978-7-5347-4607-9

I. 机… II. ①黄…②马… III. 机械设计—高等学校:技术
学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120827 号

本书编委会名单

主 编 黄晓荣 马雪洁
编 委 高清冉 李大庆
李妍缘

责任编辑 陈洪东

特约编辑 邵志峰

责任校对 钟 骄

封面设计 秦吉宁

出 版 大象出版社(郑州市经七路 25 号 邮政编码 450002)

网 址 www.daxiang.cn

发 行 全国新华书店

制版印刷 河南第二新华印刷厂

版 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 25

字 数 574 千字

印 数 1—3000 册

定 价 35.80 元

前言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》，在继承原有教材建设成果的基础上，充分吸取多所院校近几年教学改革经验编写而成。主要适用于动力类、机电类各专业的教学，参考学时为90~130学时。

为适应不同专业的教学要求，本书在编写体系上采取了基本内容与选修相结合的方法，带“*”的章节为选修或延伸内容，不同专业按需要自行取舍。

本书主要特色如下：

一、教材体系新颖

本教材内容安排根据知识层次循序渐进。全书除绪论外共四篇分21章。第一篇主要是构件的静力分析和运动分析，理论性比较强；第二篇介绍常用机构的原理、应用及设计，实践性很突出；第三篇是工程实际中各种典型受力构件的承载能力计算及标准零部件的设计选用；第四篇为各种常用机械传动的基本原理、设计计算、机械的润滑、密封、速度波动的调节及回转件的平衡等。第三篇和第四篇的理论性和实践性并重。这种兼顾知识层次的衔接和充分融合的教材体系是突破性的尝试。

二、内容整合力度大

本教材知识涵盖原高职高专院校使用的工程力学和机械设计基础两门课程。现融会贯通编写成一本教材，显然是要动大手术的。如将原理论力学中的平面力系、空间力系等多章内容，按由浅入深的顺序整合成一章；将原材料力学的知识融合在机械构件的承载能力计算中；将原齿轮传动和蜗杆传动按平面齿轮和空间齿轮传动重新整合等。

三、内容简明，突出实践性，引入新知识

本书编写中，对基本理论，遵循“必须、够用为度”的原则，公式推导

从简,强化工程意识培养,尽可能将更多的生产现场实例引入到教材中,使理论知识与工程实践的联系更加紧密,对新技术和科技新成果做了适量介绍和引导,如齿轮传动的承载能力计算及齿轮研究最新动态、液力联轴器等,都是较为新颖的内容,并力求反映现代科学技术的新成果。特别强调了安全生产的重要性,为正确使用、维护设备及分析设备事故,采取正确的反事故措施等打下良好的基础。

四、本书采用最新国家标准

如齿轮传动精度采用的是最新国家标准(GB/T10095—2001)。

本书由黄晓荣、马雪洁担任主编,高清冉、李大庆、李妍缘参加编写。

限于编者水平,书中误漏欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2007年6月

目 录

绪论	第一章	(1)
----	-----	-----

第一篇 构件的静力分析和运动分析

第一章 静力学基础	第二章	(7)
第一节 力的概念及性质	第三章	(7)
第二节 力对点之矩	第四章	(10)
第三节 力偶	第五章	(11)
第四节 力的平移定理	第六章	(13)
第五节 约束与约束反力	第七章	(14)
第六节 受力分析与受力图	第八章	(17)
思考与练习	第九章	(19)
第二章 构件的受力分析	第十章	(21)
第一节 平面力系	第十一章	(21)
第二节 构件系统的平衡	第十二章	(24)
第三节 考虑摩擦时系统的平衡问题	第十三章	(31)
第四节 空间力系	第十四章	(35)
思考与练习	第十五章	(39)
第三章 平面构件的运动分析	第十六章	(42)
第一节 点的运动	第十七章	(42)
第二节 构件的基本运动	第十八章	(48)
第三节 构件上点的合成运动	第十九章	(52)
第四节 构件的平面运动	第二十章	(53)
思考与练习	第二十一章	(56)

第二篇 常用机构及设计

第四章 平面机构的结构分析	第二十二章	(61)
第一节 研究机构结构的目的	第二十三章	(61)
第二节 平面机构的基本组成	第二十四章	(61)

第三节 平面机构运动简图	(65)
第四节 平面机构具有确定运动的条件	(67)
思考与练习	(72)
第五章 平面连杆机构	(74)
第一节 概述	(74)
第二节 铰链四杆机构基本型式及曲柄存在条件	(75)
第三节 平面四连机构的其他型式	(79)
第四节 平面四连机构的运动特性	(81)
第五节 平面四连机构的设计	(84)
思考与练习	(86)
第六章 凸轮机构	(88)
第一节 凸轮机构的应用及分类	(88)
第二节 常用从动件的运动规律	(90)
第三节 凸轮轮廓线设计	(92)
第四节 凸轮机构设计中的几个问题	(95)
思考与练习	(98)
第七章 间歇运动机构	(100)
第一节 棘轮机构	(100)
第二节 槽轮机构	(102)
第三节 不完全齿轮机构	(104)
思考与练习	(105)

第三篇 常用机械零部件设计

第八章 常用零部件设计概述	(109)
第一节 机械零件设计的基本要求、内容及一般步骤	(109)
第二节 机械零件的失效形式及设计计算准则	(110)
第三节 机械零件的结构工艺性	(111)
第四节 机械零件的常用材料及其选择	(112)
第五节 摩擦、磨损与润滑	(114)
思考与练习	(116)
第九章 杆件的强度分析与计算	(117)
第一节 概述	(117)
第二节 杆的轴向拉伸及压缩	(121)
第三节 材料在拉压时的力学性能	(126)
第四节 拉压杆的强度计算	(130)
第五节 压杆稳定	(134)
思考与练习	(135)
第十章 弯曲梁的设计	(139)
第一节 梁平面弯曲的概念和弯曲内力	(139)

第二节 梁的弯曲强度计算	(149)
第三节 拉伸(压缩)与弯曲组合的强度计算	(156)
第四节 梁的弯曲变形和刚度计算	(159)
第五节 疲劳破坏	(164)
思考与练习	(166)
第十一章 圆轴设计及轴毂联接	(170)
第一节 轴的概述	(170)
第二节 圆轴的扭转及其内力计算	(172)
第三节 圆轴扭转时横截面上的剪应力及扭转强度计算	(175)
第四节 弯扭组合变形的强度计算	(180)
第五节 转轴的设计与校核	(182)
第六节 轴毂设计	(191)
思考与练习	(197)
第十二章 轴承	(199)
第一节 滚动轴承的结构、类型及特点	(199)
第二节 滚动轴承类型代号及类型选择	(202)
第三节 滚动轴承的寿命计算	(206)
第四节 滚动轴承的组合设计	(212)
第五节 滑动轴承的类型和材料	(216)
第六节 非液体摩擦滑动轴承的计算	(220)
*第七节 液体摩擦滑动轴承简介	(221)
第八节 滚动轴承与滑动轴承的比较	(222)
思考与练习	(224)
第十三章 螺纹联接	(225)
第一节 螺纹联接的基本知识	(225)
第二节 螺旋副的受力分析、自锁和效率	(227)
第三节 螺纹联接的类型及螺纹联接件	(230)
第四节 螺栓联接的预紧和防松	(233)
第五节 螺栓组联接的结构设计	(235)
第六节 螺栓联接的强度计算	(236)
思考与练习	(241)
第十四章 其他常用零部件	(243)
第一节 联轴器	(243)
*第二节 液力联轴器简介	(246)
第三节 离合器	(247)
第四节 制动器	(250)
第五节 联轴器、离合器和制动器的选择	(250)
思考与练习	(253)

第四篇 常用机械传动及设计

第十五章 带传动	(257)
第一节 带传动的基本知识	(257)
第二节 普通 V 带和 V 带轮	(258)
第三节 普通 V 带传动工作能力分析	(265)
第四节 普通 V 带传动的设计	(268)
第五节 带传动的使用和维护	(282)
思考与练习	(284)
第十六章 链传动	(285)
第一节 链传动的基本知识	(285)
第二节 滚子链和链轮	(286)
第三节 链传动的运动分析	(289)
第四节 滚子链传动的设计	(290)
第五节 链传动的布置与张紧	(295)
思考与练习	(296)
第十七章 圆柱齿轮传动	(297)
第一节 概述	(297)
第二节 齿廓啮合基本定律	(299)
第三节 渐开线及渐开线齿廓的啮合特性	(300)
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮基本参数及尺寸计算	(302)
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合	(305)
第六节 渐开线齿轮的加工和精度	(307)
第七节 斜齿圆柱齿轮的啮合传动	(314)
第八节 轮齿的失效和齿轮常用材料	(318)
第九节 圆柱齿轮的受力分析及计算载荷	(322)
第十节 圆柱齿轮传动承载能力计算	(324)
第十一节 齿轮传动技术的发展概况	(339)
思考与练习	(342)
第十八章 空间齿轮传动	(344)
第一节 直齿锥齿轮传动	(344)
第二节 蜗杆传动	(350)
思考与练习	(357)
第十九章 齿轮系	(359)
第一节 轮系的分类	(359)
第二节 定轴轮系传动比计算	(360)
第三节 行星轮系传动比计算	(362)
第四节 轮系的应用	(364)
第五节 减速器简介	(366)

思考与练习	(368)
第二十章 机械的润滑、密封与安全维护	(369)
第一节 机械的润滑	(369)
第二节 机械的密封	(375)
第三节 人、机关系及设备安全维护	(379)
思考与练习	(380)
第二十一章 机械的调速与平衡	(381)
第一节 机械速度的波动及调节	(381)
第二节 机械的平衡	(384)
思考与练习	(386)
参考文献	(387)

本课程以各种机械中的常用机构及通用零部件为研究对象。课程内容包括四篇。

第一篇为构件的静力分析和运动分析。主要介绍构件静力学和运动学的基本理论与计算方法。

第二篇为常用机构及设计。主要介绍平面机构的结构分析和各种常用机构的组成原理、应用特点、运动特性及机构设计。

第三篇为常用机械零部件设计。主要介绍各种受力构件的承载能力分析与计算;各种通用零部件的结构特点、材料选择和设计计算。

第四篇为常用机械传动及设计。主要介绍各种机械传动的工作原理、运动特性、设计方法及使用维护等。

绪 论

本课程的教学目的、任务、要求、学时分配、主要参考文献。

一、本课程研究的对象及内容

在社会的经济建设和人们的日常生活中,机械起着非常重要的作用。尤其是在现代工业各领域内,广泛应用各种机械进行生产是最为主要的生产方式。从最早的杠杆、滑轮等简单机械到现在的起重机、汽车、内燃机、洗衣机、复印机、机械手、机器人等,机械的发展推动着生产力的发展和社会的进步。因此,机械的发展程度是国家工业化水平的重要标志之一。对于现代工程技术人员,学习和掌握一定的机械设计基础知识是极为必要的。

本课程以各种机械中的常用机构及通用零部件为研究对象。课程内容包括四篇。

第一篇为构件的静力分析和运动分析。主要介绍构件静力学和运动学的基本理论与计算方法。

第二篇为常用机构及设计。主要介绍平面机构的结构分析和各种常用机构的组成原理、应用特点、运动特性及机构设计。

第三篇为常用机械零部件设计。主要介绍各种受力构件的承载能力分析与计算;各种通用零部件的结构特点、材料选择和设计计算。

第四篇为常用机械传动及设计。主要介绍各种机械传动的工作原理、运动特性、设计方法及使用维护等。

二、本课程在教学中的地位和学习要求

(一)课程性质及在教学环节中的地位

《机械工程设计基础》课程是高等工科院校有关专业的一门重要的综合性技术基础课;是机械类、近机类专业的主干课程之一;是培养机械工程师或机械管理工程师的必修课,在各相应专业的教学计划中,处于承上启下的地位。一方面,本课程综合应用并拓展了先修课程的知识;另一方面,又是学习后续有关专业课程的重要基础。

(二)课程的任务

本课程的主要任务是:培养学生掌握机械技术的基本知识、基本理论和基本技能,获得本学科实验技能的初步训练,为学生学习专业机械设备课程提供必须的理论基础,为今后解决生产实际问题、学习新技术以及进行技术创新奠定必要的基础。

(三)对学生的基本要求

通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

(1) 熟练掌握构件的静力分析和运动分析的基本理论和基本计算方法,能解决日常生活和工程实际中有关构件静力分析和运动分析的具体问题。

(2) 了解机器的一般组成原理,掌握常用机构的应用特点、运动特性和设计方法,初步具有分析和设计常用机构的能力。

(3) 掌握通用零件的工作原理、结构特点、设计计算、使用、维护等基本知识,初步具有设计机械传动装置的能力。

(4) 具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力。

(5) 具有装拆、调整和检测一般机械设备的技能。

(6) 对机械设计的发展趋势和新技术有所了解。

三、机器的基本组成及相关概念

说到“机器”,人们自然会想到汽车、火车、内燃机以及各种机床等,但是若问什么是“机器”,回答的会各不相同,甚至还会答不上来。下面就举例说明“机器”一词的含义及其相关概念。

(一) 机器的特征及其基本组成

如图 0.1 所示单缸内燃机,由活塞 1、连杆 2(图 0.2)、曲轴 3 和汽缸体(连同机架)8 组成主体部分,缸内燃烧的气体膨胀,推动活塞下行,通过连杆使得曲轴转动;凸轮 6、进、排气门推杆 7 和机架组成进、排气的控制部分,凸轮转动,推动进、排气门按时启闭,分别控制进气和排气;曲轴上的齿轮 4、凸轮轴上的齿轮 5 和机架组成传动部分,通过齿轮间的啮合,将曲轴的运动传给凸轮轴。上述三个部分共同保证内燃机协调地工作,将燃气的热能转换成曲轴转动的机械能。

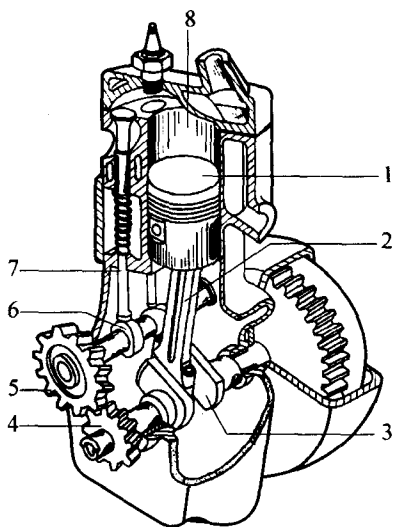


图 0.1 单缸内燃机

1—活塞;2—连杆;3—曲轴;4—曲轴齿轮;5—凸轮轴齿轮;6—凸轮;
7—气门推杆;8—汽缸体

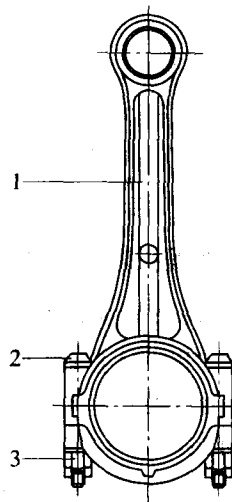


图 0.2 内燃机连杆

1—连杆体;2—螺栓;
3—螺母;4—连杆盖

又如电动机,主要是由转子和定子所组成。当接通电源驱动转子回转时,通过转子轴

外端输出装置(如带轮),便可实现将输入的电能转换成机械能。

再如全自动洗衣机主要是由电动机、机体、叶轮、控制电路组成。当接通电源后,操作控制按钮,驱动电动机,经带传动使叶轮回转,搅动洗涤液实现洗涤;一旦设置好程序,全自动洗衣机就会自动完成洗涤、清洗、甩干等洗衣的全过程。

由以上三个实例可以说明,机器具有下列共同特征:

- (1) 机器是由若干构件组成。
- (2) 各构件间具有确定的运动关系。
- (3) 机器能代替或减轻人们的劳动,去完成有用的机械功,变换或传递能量、物料和信息。

以上的实例中还可以看出,机器中由若干个构件的组合,可实现某些预定的动作,如在内燃机中,活塞、连杆、曲轴和汽缸体(连同机架)组合起来,可以把活塞的往复直线运动转变成曲轴的连续转动;进、排气门推杆和机架的组合,可将凸轮的连续转动转变为进、排气推杆的往复直线移动;而曲轴齿轮、凸轮轴齿轮和机架的组合,又可以改变回转件转动的方向和转速的大小。这些由若干构件组成,有一个构件为机架,用来传递力、运动或转换运动形式的系统,称为机构。上述内燃机中三个能够完成预期动作的构件组合体就分别称为连杆机构、凸轮机构、齿轮机构。由此可见,机器是由机构组成。机器的种类尽管很多,但组成机器的机构并不太多,连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等是机器中常用的基本机构。较复杂的机器可以包含几个机构,但最简单的机器至少要包含一个机构,如电动机、鼓风机等。从运动的观点讲,机器和机构没有区别,人们习惯上把机器和机构统称为机械。

(二) 相关概念及名词术语

与机械相关的概念还有构件、零件、部件等。

构件是机构中各个相对运动的单元体;零件是机械加工制造的单元体。构件可以是单一的零件,如内燃机中的曲轴;也可以是由若干零件组成的刚性组合体,如图 0.2 所示内燃机中的连杆,它是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 组成的构件。对于机器中的零件,按其功能和结构特点又分为通用零件和专用零件。各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺栓、齿轮、轴等;仅在某些专门机械中才用到的零件称为专用零件,如内燃机中的活塞、曲轴、汽轮机中的叶轮、叶片等。对于一组协同工作的零件组成的独立制造或装配的组合体称为部件,部件也分为通用部件与专用部件。如联轴器、减速器、制动器属于通用部件,汽车转向器则应属于专用部件。组成机器中不可拆卸的基本单元体称为机械零件,这一术语有时也用来泛指零件和部件。

四、机械设计的基本要求和一般过程

(一) 机械设计的基本要求

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。其设计的基本要求是:

(1) 保证实现预定功能。所谓功能,是指被设计机器的功用和性能,一般机器的预定功能要求包括:运动性能、动力性能、基本技术指标及外形是否美观等方面。实现预定的功能要求是设计机器的基本出发点,为此,必须熟悉各种常用机构的工作原理,正确选择机构类型和机械传动方案。

(2) 保证在一定的寿命内安全可靠。任何一台机器在正常使用条件下都应有一定的寿命, 在使用寿命内安全可靠是机器正常工作的必要条件。因此, 设计机器时就必须能保证在预期的使用寿命内工作安全可靠。为此, 要对组成机器的所有零件(标准件除外)进行结构设计, 并对各主要零件的工作能力进行必要的计算, 即进行机械零件设计。

(3) 要充分考虑制造的工艺性。机器的总体方案和各部分结构设计在保证实现预定功能的前提下, 应尽可能地简单、实用; 零件的选材及热处理方式要切实、合理; 毛坯制造、机械加工、装配以及维修的工艺性要好; 尽可能地选用标准零部件。

(4) 要充分考虑技术经济的合理性。技术经济的合理性是一个综合性指标, 它与机器的设计、制造和使用等各个方面有关。目前, 价值工程方法可将产品的经济性、技术要求和功能要求统一起来, 并以功能分析为中心, 力求使产品具有必要的功能和最低的成本, 以获得最佳经济效果。

(二) 机械设计的一般过程

不同的机械, 其设计方法、设计步骤各不相同, 没有固定的、一成不变的设计程序。但对各种机械而言, 设计的一般过程却基本相同, 如图 0.3 所示。

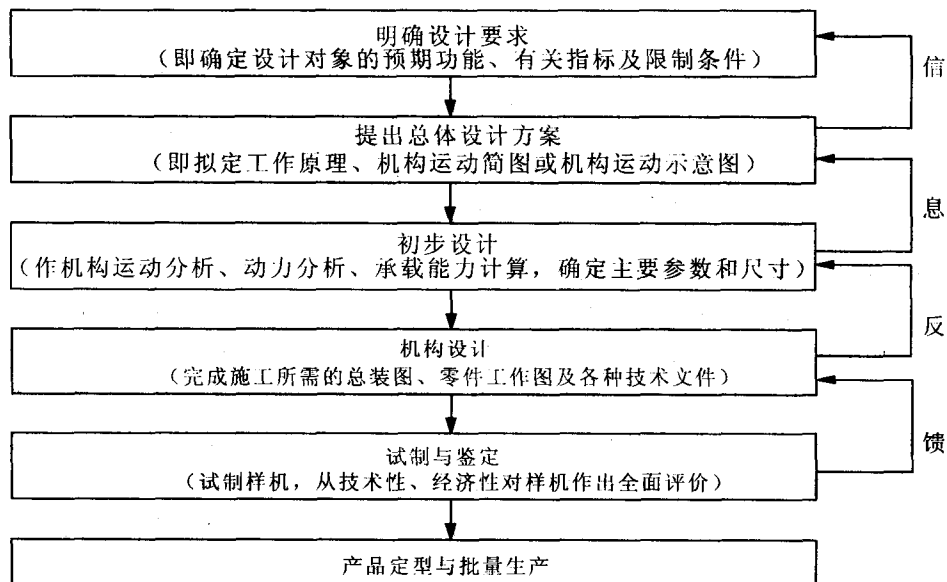


图 0.3 机械设计的一般过程

思考与练习

- 0.1 本课程研究的对象是什么? 主要内容是什么?
- 0.2 本课程的性质和任务是什么?
- 0.3 解释下列名词: 机器与机构; 构件与零件。
- 0.4 日常生活中使用的自行车、缝纫机、电视机等是机器还是机构? 为什么?
- 0.5 机械设计的基本要求有哪些?



第一篇

构件的静力分析和运动分析

研究构件平衡规律的科学称为静力学,对构件保持平衡状态所进行的分析称为静力分析;从几何的角度研究构件运动变化规律的科学称为运动学,对构件的运动变化规律所进行的分析称为运动分析。

本篇中所讲的“构件”都是指受力后不考虑变形的物体。机械工程中对构件进行静力分析和运动分析是机械工程设计的最基础理论。

第一章 静力学基础

机械运动是指物体在空间的位置随时间变化的现象,是人们的生活和生产实践中最常见的运动。机械运动中的一种特殊情况是平衡状态。所谓平衡状态,是指物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态。

实际生产中,任何构件受力后都要发生不同程度的变形,但在很多情况下构件受力后的变形很小,对物体平衡状态的影响很小,在进行构件的静力分析时,可忽略其变形,视其为刚体。所谓刚体,是指受力时不变形的物体。

作用于物体上的若干个力称为力系。如果两个力系分别作用在同一物体其效应相同,则该两力系称为等效力系。如果一个力和一个力系等效,则这个力称为该力系的合力,而该力系中的每个力是合力的分力。如果一个力系作用于物体而不改变其运动状态,则该力系称为平衡力系。对一个比较复杂的力系求与它等效的简单力系的过程,称为力的简化。

因此,构件静力分析的基本问题是作用于构件上的力系平衡问题,包括:

- (1) 受力分析——分析作用在物体上的各种力,弄清被研究对象的受力情况。
- (2) 平衡条件——建立物体处于平衡状态时,作用在其上的力系所应满足的条件。
- (3) 利用平衡条件解决工程中的各种问题。

本章讨论构件静力学的基本概念和基本理论,即研究上述前两个问题。如何利用静力平衡条件解决工程实际问题,则在下一章讨论。

第一节 力的概念及性质

一、力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态和形状发生改变。力使物体的运动状态发生改变的效应称为外效应;而使物体的形状发生改变的称为内效应。对静力学问题而言,只需考虑力的外效应。实践证明,力对物体的作用效果,取决于力的大小、方向和作用点,称为力的三要素。

使1千克(kg)质量的物体产生1米/秒²(m/s²)加速度的力,在国际单位制中就定义为1牛顿(N)。力的常用单位为牛或千牛,符号分别为N、kN。

力是一个矢量,既有大小又有方向,可以用一带箭头的有向线段来表示出力的三要素