

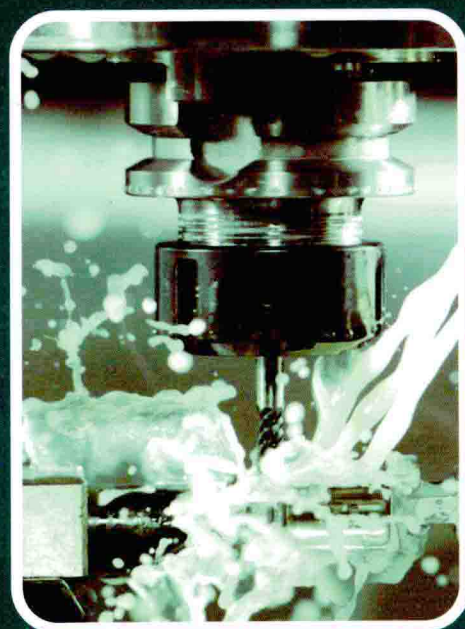


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

丛书顾问 李培根 林萍华

机械设计基础

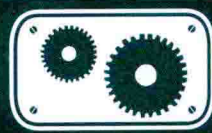
蔡业彬 李忠 杨健 主编



JIXIE SHEJI JICHU



QUAN GUO TONG GAO DENG XUEXIAO JIXIE LEI SHI ER WU GONGYU XUEYUAN XILIE JIAOCAI



JIXIELEI SHIERWU



华中科技大学出版社

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

机械设计基础

主 编	蔡业彬	李 忠	杨 健
副主编	周瑞强	李明辉	
参 编	刘艳华	夏小群	莫才颂
	谭 云	韩英莉	

华中科技大学出版社

内 容 简 介

本书是根据高等院校人才培养目标、教育部制定的机械设计基础课程教学基本要求和最新国家标准,充分吸取高校近年来的教学改革经验,结合多年的教学经验和教改实践经验而编写的。

全书共分 17 章,在体系和各章节内容上作了精心的编排,较详尽地介绍了机械设计常用的基础知识,包括总论、平面机构的结构与运动分析、平面连杆机构及其设计、凸轮机构及其设计、间歇机构、连接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、机械传动系统设计、机械的调速与平衡、轴、轴承、联轴器与离合器、弹簧。各章中配有相应的例题、习题以及必要的资料。

本书可作为高等院校机械类、近机械类和非机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可作为有关专业的教师、学生和工程技术人员参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/蔡业彬,李忠,杨健主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.12
ISBN 978-7-5609-9515-1

I. ①机… II. ①蔡… ②李… ③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(2013)第 287012 号

机械设计基础

蔡业彬 李 忠 杨 健 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:姚同梅

封面设计:范翠璇

责任校对:张 琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:22.75

字 数:606 千字

版 次:2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:44.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问:李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任:吴昌林 华中科技大学

副主任:(按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧刚 庄哲峰 杨萍 杨家军

吴波 何岭松 陈炜 竺志超 高中庸 谢军

委员:(排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤华 贾卫平

丁晓非 张生芳 董欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙桓五 聂秋根

赵坚 马光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李忠 罗国富 张鹏 张鬲君 柴保明

孙未 何庆 李理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘书:俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。同时,当今世界处在大发展、大调整、大变革时期,为了迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高〔2011〕1号)、《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高〔2011〕5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高〔2011〕6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4号)等指导性意见,对全国高校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教学指导委员会根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校机械类专业和课程教学进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分机械特色专业突出的学校和教学指导委员会委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械

类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前,经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时,注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教学指导委员会颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教材及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

谨为之序。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月



前 言

本书是根据高等院校人才培养目标、教育部制定的机械设计基础课程教学基本要求和最新国家标准,充分吸取高校近年来的教学改革经验,结合多年的教学经验和教改实践经验而编写的,着重突出了简明、易学、实用的特点。

本书作为面向 21 世纪机械学科新课程体系的一门技术基础课教材和全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材,为了适应目前应用型本科教学改革的需要,针对机械工程学科新课程改革的需要和非机械类专业面广、学时少的特点,按照深度适中、简明实用的原则将机械原理与机械零件的内容进行了优化整合。本书在编写中注意突出机械设计的基本知识、基本理论和基本设计方法等基本教学内容,尽量简化理论推导,简化计算方法,重点强调应用实践,加强提出问题、分析问题和解决问题的能力的培养。

书中简要介绍了课程的性质、任务、内容等背景,并适当介绍了本学科的新知识、新成果及新发展,以提高学生的求知欲和学习兴趣。为了便于学生对机械结构进行认识和理解,书中部分采用了立体图和工程图相结合形式的插图,使插图更加形象直观、易学易懂。全书内容覆盖面广,概念清楚。各章中配有相应的例题、习题以及必要的资料。

本书注重理论联系实际,注重培养学生提出问题、分析问题和解决问题的能力,使学生学会灵活运用所学知识,解决具体机构、一般机械及零部件的设计问题,并不断提高创新能力。本书有比较强的通用性,适合于机械类、近机械类、非机械类各专业使用,教学时可以根据不同专业学时数要求等实际需要対书中内容进行适当取舍,以适应近机械类、非机械类各专业课程体系的教学。

全书由蔡业彬、李忠、杨健担任主编,周瑞强、李明辉担任副主编,刘艳华、夏小群、莫才颂、谭云、韩英莉参编。具体编写分工如下:广东石油化工学院蔡业彬、莫才颂编写第 0、7、9 章,周瑞强编写第 8 章,谭云编写第 14 章;湛江师范学院李忠编写第 10 章,夏小群编写第 1、2 章,韩英莉编写第 3、4 章;成都理工大学李明辉编写第 5、13 章,杨健编写第 6、12、15 章,刘艳华编写第 11、16 章。蔡业彬和李忠负责全书的统稿、定稿工作。

本书得到了成都理工大学优秀创新团队培育计划项目(编号 KYTD201301)的资助。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,殷切希望广大读者在使用本书过程中予以批评指正。

编 者

2013.6.16

目 录

第 0 章 总论	(1)
0.1 机器概述	(1)
0.2 机械设计概述	(3)
第 1 章 平面机构的结构与运动分析	(11)
1.1 运动副及其分类	(11)
1.2 平面机构的运动简图	(13)
1.3 平面机构的自由度	(15)
1.4 平面机构的运动分析	(19)
习题	(24)
第 2 章 平面连杆机构及其设计	(27)
2.1 平面连杆机构及其特点	(27)
2.2 平面四杆机构类型及其应用	(27)
2.3 平面四杆机构的基本特性	(31)
2.4 平面四杆机构设计	(35)
习题	(39)
第 3 章 凸轮机构及其设计	(42)
3.1 概述	(42)
3.2 从动件常用运动规律	(46)
3.3 凸轮轮廓曲线的设计	(49)
3.4 设计凸轮机构时应注意的问题	(55)
习题	(57)
第 4 章 其他常用运动机构	(58)
4.1 棘轮机构	(58)
4.2 槽轮机构	(62)
4.3 不完全齿轮机构	(63)
4.4 凸轮间歇运动机构	(64)
习题	(65)
第 5 章 连接	(66)
5.1 键连接和花键连接	(66)
5.2 销连接与无键连接	(73)
5.3 螺纹连接	(75)
5.4 螺旋传动	(99)
习题	(104)

第 6 章 带传动	(107)
6.1 带传动的分类、特点和应用.....	(107)
6.2 V 带和 V 带轮	(110)
6.3 带传动的工作情况分析	(115)
6.4 普通 V 带传动设计	(120)
6.5 带传动的张紧与维护	(134)
习题.....	(135)
第 7 章 链传动	(137)
7.1 链传动概述	(137)
7.2 链传动的结构与标准	(138)
7.3 链传动的工作情况分析	(142)
7.4 滚子链传动的失效形式及功率曲线	(144)
7.5 滚子链传动的设计计算	(147)
7.6 链传动的合理布置和润滑	(148)
习题.....	(152)
第 8 章 齿轮传动	(154)
8.1 齿轮传动的特点和基本类型	(154)
8.2 齿廓啮合基本定律	(156)
8.3 渐开线及渐开线齿轮	(157)
8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	(160)
8.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(163)
8.6 渐开线齿廓切削加工的原理	(167)
8.7 渐开线齿廓的根切现象与标准外啮合齿轮的最少齿数	(169)
8.8 变位齿轮传动概述	(170)
8.9 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	(173)
8.10 圆锥齿轮机构.....	(177)
8.11 齿轮传动的失效形式及设计准则.....	(181)
8.12 齿轮的常用材料及许用应力.....	(184)
8.13 齿轮传动的受力分析与计算载荷.....	(187)
8.14 齿轮传动的强度计算.....	(190)
8.15 齿轮传动的参数和精度选择.....	(195)
8.16 齿轮传动的润滑、效率及结构	(198)
习题.....	(202)
第 9 章 蜗杆传动	(206)
9.1 蜗杆传动概述	(206)
9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(210)
9.3 普通圆柱蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择.....	(212)
9.4 普通圆柱蜗杆传动承载能力计算	(212)

9.5 蜗杆传动的热平衡计算	(217)
9.6 普通圆柱蜗杆和蜗轮的结构	(220)
习题	(222)
第 10 章 轮系	(225)
10.1 轮系的分类	(225)
10.2 定轴轮系的传动比计算	(226)
10.3 周转轮系传动比计算	(228)
10.4 混合轮系传动比计算	(229)
10.5 轮系的应用	(229)
10.6 周转轮系的设计及各轮齿数确定	(232)
10.7 其他轮系简介	(233)
习题	(234)
第 11 章 机械传动系统设计	(237)
11.1 机械系统与机械传动系统	(237)
11.2 机械传动装置的类型	(238)
11.3 机械传动的特性和参数	(240)
11.4 机械传动的方案设计	(243)
11.5 机械传动系统的设计程序	(248)
习题	(250)
第 12 章 机械的调速与平衡	(251)
12.1 机械的运转过程及速度波动的调节	(251)
12.2 飞轮的近似设计方法	(253)
12.3 机械平衡的目的和内容	(258)
12.4 刚性回转件的平衡原理及方法	(259)
12.5 平面连杆机构的平衡	(264)
习题	(266)
第 13 章 轴	(268)
13.1 轴的功用、分类和设计要求	(268)
13.2 轴的结构设计	(272)
13.3 轴的工作能力计算	(281)
习题	(292)
第 14 章 轴承	(295)
14.1 滚动轴承的结构和类型	(295)
14.2 滚动轴承的代号	(299)
14.3 滚动轴承的受力分析、失效形式和计算准则	(301)
14.4 滚动轴承的计算	(302)
14.5 滚动轴承的静强度计算	(307)
14.6 滚动轴承的组合设计、润滑与密封	(308)

14.7 滑动轴承的类型、结构和材料	(316)
14.8 滑动轴承的润滑剂和润滑装置	(320)
14.9 非液体摩擦滑动轴承的计算	(323)
14.10 液体摩擦滑动轴承简介	(325)
习题	(327)
第 15 章 联轴器与离合器	(328)
15.1 联轴器	(328)
15.2 离合器	(336)
习题	(340)
第 16 章 弹簧	(342)
16.1 概述	(342)
16.2 圆柱螺旋弹簧	(345)
习题	(348)
参考文献	(349)

第0章 总 论

机器是人类为了提高劳动生产率而创造出来的主要工具,使用机器进行生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

0.1 机器概述

0.1.1 机器的组成及特征

人们在生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器,常见的如洗衣机、缝纫机、内燃机、拖拉机、金属切削机床、起重机、包装机、复印机等。

机器是具有确定运动的构件的合体,它用来转换能量,改变或传递物料和处理信息,以代替和减轻人的体力和脑力劳动。

机构是用于传递机械运动和动力或改变机械运动形式的构件合体,例如在工程上或生活中常见的连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇机构等。

人类在长期的生产活动中,创造和发展了各种机器。机器的种类很多,根据其用途不同,可以分为:动力机器(如电动机、内燃机、发电机等)、加工机器(如机床、纺织机、包装机等)、运输机器(如汽车、拖拉机、输送机等)和信息处理机器(如计算机、照相机等)。

如图 0.1 所示为牛头刨床。牛头刨床的工作过程是:电动机通电并开始工作,带动齿轮机构、导杆机构、刀具以及工作台运动,最终实现工件的刨削工作。

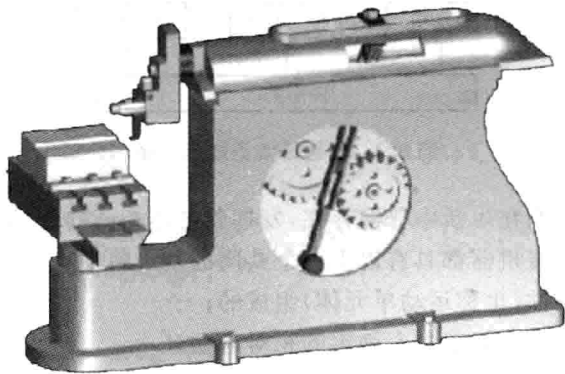


图 0.1 牛头刨床

如图 0.2 所示为内燃机,它由汽缸体(机架)、曲轴、连杆、活塞、进气阀、排气阀、推杆、凸轮及齿轮等所组成。当燃气推动活塞做往复运动时,通过连杆使曲轴做连续转动,从而将燃气的热能转换成曲轴的机械能。为了保证曲轴的连续转动,通过齿轮、凸轮、推杆和弹簧等的作用,按一定的运动规律启闭阀门,以输入燃气和排出废气。通过对内燃机的结构分析可知,它主要由三种机构组成:①由机架、曲轴、连杆和活塞组成的曲柄滑块机构,它将活塞的往复运动转化

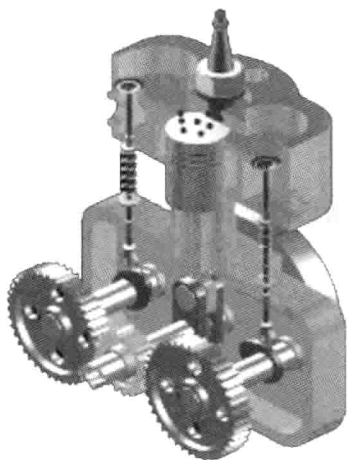


图 0.2 内燃机

为曲轴的连续运动；②由机架、凸轮和推杆构成的凸轮机构，它将凸轮的连续转动转变为推杆的往复运动；③由机架、齿轮构成的齿轮机构，其作用是改变转速的大小和方向。

从以上两例可以看出，机器是由机构组成的。最简单的机器只包含一个机构，如电动机等；多数机器包含若干个机构，如内燃机等，多个机构联合工作而实现预定的工作要求。

就功能而言，一般机器由三个部分所组成，即原动部分、传动部分和执行部分。随着科技的发展，一个重要的趋势就是各个学科领域之间的相互渗透和融合。如今在机械工程领域，自动控制、电子技术和计算机技术等的应用日益广泛和深入，因此从某种意义上来说，现代化的机械系统应该是机电一体化的系统。

一个现代化的机械系统主要包括四个部分(见图 0.3)：原动机、传动装置、执行机构和控制系统。原动机的功能是接收外部能源，通过转换能源而自由运行(转)，为机械系统提供动力(多数情况下是旋转运动)，例如电动机将电能转换为机械能、发电机将机械能转换为电能、内燃机将化学能转换为机械能等；传动部分由原动机驱动，用于将原动机的运动形式、运动及动力参数(如速度、转矩等)进行变换；执行机构是机器特定功能的执行部分，如汽车的车轮、起重机的吊钩、机床的刀架、飞机的尾舵和机翼等；控制部分控制机器的启动、停止和正常协调动作，如汽车的方向盘和转向系统、排挡杆，刹车及其踏板，离合器踏板及油门等就组成了汽车的控制系统。此外，根据机械系统的功能要求，还有一些辅助系统，如润滑与冷却、显示、照明系统等。

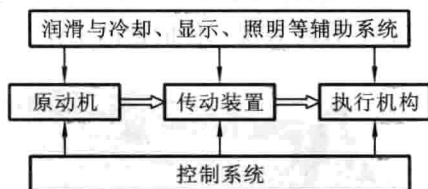


图 0.3 机械系统组成示意图

机器的种类很多，它们在生活中普遍存在，发挥着各不相同的作用。这些机器的具体构造虽各不相同，但是所有这些机器都具有以下三个共同的基本特征：

- (1) 都是由一系列构件(也称运动单元体)组成的；
- (2) 组成机器的各构件之间都具有确定的相对运动；
- (3) 机器均能转换机械能或完成有用的机械功。

机构与机器的区别在于：机构是一个构件系统，主要职能是传递运动和动力，而机器除构件系统之外，还包含电气、液压等其他装置，除了传递运动和动力外，还具有变换或传递能量、物料、信息等功能。但是，在研究构件的运动和受力情况时，对机器与机构的处理方法并无差别。因此，习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

组成机械的相对运动的单元体称为构件，可以是一个零件，也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0.4 所示的连杆就是由单独加工的连杆体、连杆头、螺栓和螺母等零件组成的一

个刚性构件,组成连杆的各个零件之间没有相对运动。构件与零件的根本区别在于:构件是运动的单元体,而零件是制造的单元体。在各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、轴、轴承、齿轮等。只在某种机器中使用的零件称为专用零件,如活塞、曲轴、叶片等。这些自由分散的零件,一旦按照一定的方式和规则组合到一部机器中,它们就成为机器上不可或缺的一部分,发挥着各自的作用。

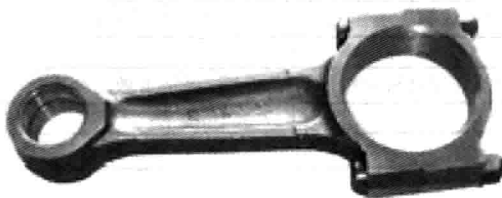


图 0.4 连杆

0.1.2 本课程研究的对象和内容

“机械设计基础”课程的研究对象是机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件,主要研究其工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护等。

本课程在简要介绍有关整部机器设计的基本知识的基础上,讨论常用机构的组成原理、传动特点、功能特性、设计方法等基本知识,重点讨论通用机械零件在一般工作条件下的工作原理、结构特点、选用及设计计算问题。

0.1.3 本课程的性质和任务

本课程是一门技术基础课,它综合运用了工程力学、金属工艺学、机械制图、公差与配合等先修课程知识,解决常用机构及通用零部件的分析设计问题,较以往的先修课程更接近工程实际,但也有别于专业课程,它主要是研究各类机械所具有的共性问题。

本课程是机械类及近机类专业的一门主干课程,它的任务是使学生掌握常用机构和通用零件的基本理论和基本知识,初步具有这方面的分析、设计能力,并获得必要的基本技能训练,同时注意培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。由于本课程的特点,它不仅为学习后续课程,也为解决生产实际问题建立基础。

0.2 机械设计概述

0.2.1 机械设计的基本要求和程序

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。机械设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品,在市场竞争中取得优势,赢得用户,取得良好的社会效益和经济效益。

所设计的机械应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低,在预期使用期限内安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。

机械设计的一般过程用框图来表示(见图 0.5):

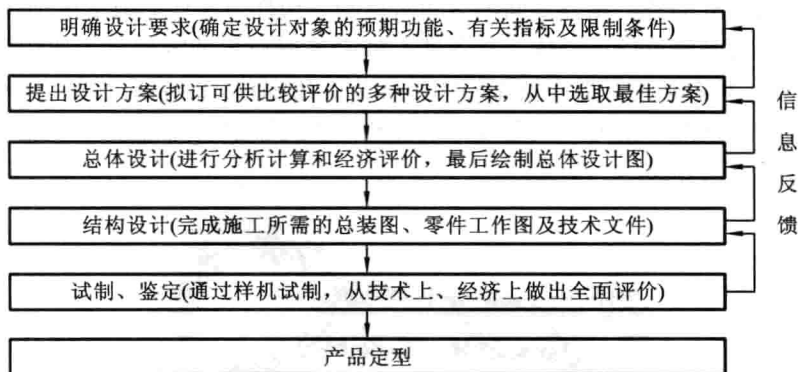


图 0.5 机械设计的一般过程

随着计算机辅助设计、计算机仿真技术、三维图形技术以及虚拟装配制造技术的迅速发展,机械设计方法有了极大的变革,借助这些技术可以极大地降低设计和试制成本,提高产品的竞争力。

0.2.2 机械零件的失效形式及设计准则

1. 设计的主要内容和要求

机械零部件设计是机械设计的重要组成部分,对于机械运动方案中的机构和构件,只有通过零部件设计才能得到用于加工的零件工作图和部件装配图,同时机械零部件设计也是机械总体设计的基础。机械零部件设计的主要内容包括:根据运动方案设计和总体设计的要求,明确零部件的工作要求、性能、参数等,选择零部件的结构构形、材料、精度等,进行失效分析和工作能力计算,画出零件图和部件装配图。

机械产品应满足的要求是由零部件设计所决定的,机械零部件设计应满足的要求如下。

(1)工作能力要求 具体有强度、刚度、寿命、耐磨性、耐热性、振动稳定性及精度等方面的要求。

(2)工艺性要求 机械产品具有良好的加工、装配工艺性,且维修方便。

(3)经济性要求 主要指生产成本要低。

此外,还要满足噪声控制、耐蚀性能、环境保护等方面的要求和安全要求等。以上要求往往互相牵制,需全面综合考虑。

2. 零件的失效形式和计算准则

机械零件由于某种原因不能正常工作时,称为失效。在不发生失效的条件下,零件所能安全工作的限度,称为工作能力。

失效形式很多,主要有断裂、表面压碎、表面点蚀、塑性变形、过度弹性变形、共振、过热及过度磨损等。

为了保证零件能正常工作,在设计零件时应首先进行零件的失效分析,预估失效的可能性,采取相应措施,其中包括理论计算。计算所依据的条件称为计算准则,常用的计算准则有以下几种。

1) 强度准则

强度是机械零件抵抗断裂、表面疲劳破坏或过大塑性变形等失效的能力。强度要求是保证机械零件能正常工作的基本要求,其计算公式为

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \quad (0.1)$$

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (0.2)$$

式中: σ 、 τ 分别为危险截面的正应力和切应力; $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 分别为材料的许用正应力和切应力; σ_{lim} 、 τ_{lim} 分别为拉压(弯曲)极限应力和剪切极限应力; S_{σ} 、 S_{τ} 为计算安全系数。

2) 刚度准则

刚度是指零件在载荷的作用下,抵抗弹性变形的能力。刚度的计算是利用刚度条件式来判定的。针对弹性变形的两种情况(弯曲和扭转),刚度条件式分别为

$$y \leq [y] \quad \text{或} \quad \theta \leq [\theta]$$

$$\varphi \leq [\varphi]$$

式中: y 、 θ 、 φ 分别为挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ 分别为许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3) 振动稳定性准则

机械是运动的,特别是高速运转的机械容易发生振动现象。当机械或机械零件的自振频率与周期性干扰力的频率相近或相等时,就会发生共振。共振不仅影响机械的正常工作,甚至会造成机械的破坏,故称这种共振现象为失去振动稳定性。为了避免共振,必须使自振频率远离干扰力的频率。对于强迫振动,振动稳定性准则的表达式为

$$f_n < 0.85f \quad \text{或} \quad f_n > 1.15f \quad (0.3)$$

式中: f 为零件的固有频率; f_n 为激振频率。

4) 耐热性准则

机械零件在高温下工作,会出现蠕变(金属中应力数值不变,但发生缓慢而连续的塑性变形),抗弯强度和疲劳强度降低,并且会引起热变形、产生附加热应力以及破坏正常润滑条件等。为此,必须进行蠕变计算和热平衡计算,控制工作温度不超过许用工作温度。

5) 耐磨性准则

耐磨性准则针对的是零件的表面失效,它要求零件在正常条件下工作的时间能达到零件的寿命。腐蚀和磨损是影响零件耐磨性的两个主要因素。目前,关于材料耐磨性的计算尚无实用有效的方法。因此,在工程上对零件的耐磨性只能进行下述条件性计算:

$$p \leq [p]$$

$$pv \leq [pv] \quad (0.4)$$

式中: p 为工作表面上的压强; $[p]$ 为材料的许用压强; v 为工作表面线速度; $[pv]$ 为 p 的许用值。

6) 可靠性准则

机械系统的可靠性是靠零件的可靠性要求来保证的。对于重要的机械零件,要求计算其可靠度 R ,并作为可靠性的指标。其一般表达式为

$$R = \frac{N_s}{N_0} = 1 - \frac{N_f}{N_0} \quad (0.5)$$

式中: N_0 为在一定的工作条件下和在规定时间内 t (寿命)内实验零件总数; N_s 为正常工作零件数; N_f 为失效零件总数。

0.2.3 机械零件的工作能力计算

1. 载荷和应力

载荷是指构件或零件工作时所承受的外力。根据载荷性质不同,可以分为静载荷和变载荷两类。不随时间变化或随时间变化很小的载荷称为静载荷,在静载荷作用下产生的不随时间变化或变化很小的应力称为静应力,如图0.6所示。例如锅炉中的压力、拧紧螺栓引起的应力等都属于静应力。

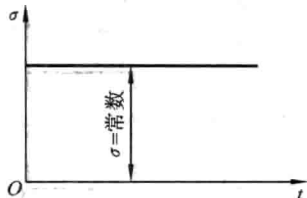


图 0.6 静应力

大小和方向随时间而变化的载荷称为变载荷,如曲柄压力机的曲轴和汽车悬架弹簧等所受的载荷。在变载荷作用下产生的随时间变化的应力称为变应力,如齿轮传动中轮齿的应力。典型的

变应力有非对称循环变应力、对称循环变应力和脉动循环变应力三类。

如图0.7所示,稳定变应力的最大应力为 $\sigma_{\max}$ 、最小应力为 $\sigma_{\min}$,其平均应力 σ_m 和应力幅 σ_a 分别为

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

最小应力 $\sigma_{\min}$ 与最大应力 $\sigma_{\max}$ 之比称为循环特征 r ,即

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

由上述可知,变应力参数共有五个,即 $\sigma_{\min}$ 、 $\sigma_{\max}$ 、 r 、 σ_m 、 σ_a ,已知其中两个参数便可以求出其余参数。而循环特征参数 r 可以用来表示变应力的变化情况。

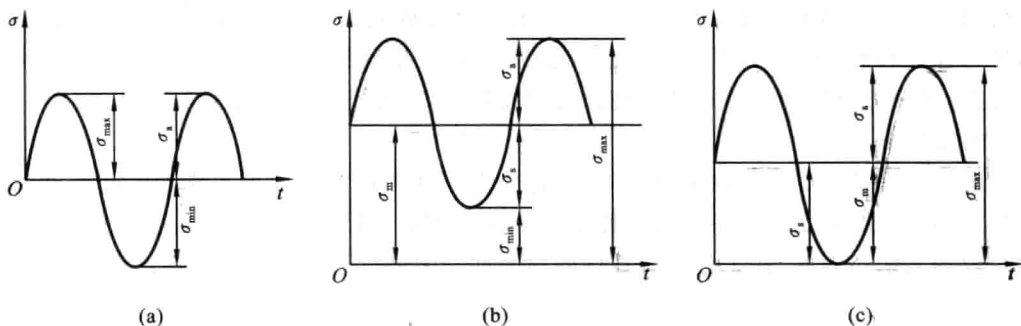


图 0.7 应用的种类

(a) 对称循环变应力; (b) 非对称循环变应力; (c) 脉动循环变应力

机械零件中的变应力多数情况下可以按照对称循环($r = -1$)或脉动循环($r = 0$)来处理。例如,转轴中的弯曲应力可以看成对称循环应力($r = -1$),单向转动的转轴中的扭转切应力 $r = 0$,而一般情况下 $-1 < r < 1$ 。

由于静应力的分析和设计比较简单一点,而变应力的处理则相对比较麻烦,所以一般在机械设计中只要能够满足工程的应用,就将那些变化幅度不大和变化次数较少的应力(或载荷)也近似地按静应力来处理,以简化计算。

2. 零件的极限应力 $\sigma_{\lim}$ 与许用应力 $[\sigma]$

1) 静应力下的极限应力与许用应力

在静应力作用下工作的机械零件,其 $\sigma_{\lim}$ 取决于零件的失效形式。对于脆性材料制成的零