

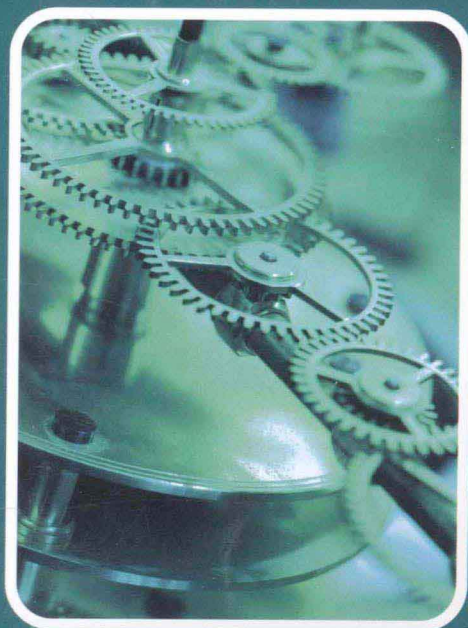


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

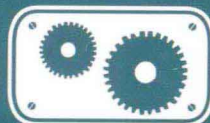
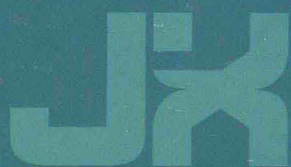
丛书顾问 ■ 李培根 林萍华

机械设计基础

郭瑞峰 ■ 主编



JIXIE SHEJI JICHU



JIXIELEI SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

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	郭瑞峰		
副主编	史丽晨	张 哲	
参 编	王风梅	仝美娟	同志学
	杨振乾	康智强	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是根据教育部高等教育司印发的高等学校工科机械设计基础课程教学基本要求的教学基本内容,经过多年试行教学和积累的教改实践经验编写而成的。

全书共分 16 章,全面介绍了机械设计的基本概念、基础知识和基本技能。主要内容包括:机械的构成、平面机构简图和自由度计算;常用机构如平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等的工作原理、机构组成及设计方法;用于组成机械传动系统的齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动的工作原理、标准规范和设计计算方法;用于支承或连接传动零件的轴系如轴、滑动轴承、滚动轴承、键、联轴器、离合器、制动器的工作原理、组合设计和选用计算方法;螺纹连接、弹簧的工作原理、标准规范和设计计算;机械的动力学基础如速度波动的调节和回转件的平衡;机械总体方案设计原理与方法。

本书可作为高等工科学学校非机械类各专业教学用书,也可作为其他类型高等学校机械类或非机械类专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郭瑞峰 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5609-9203-7

I. 机… II. 郭… 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(2013)第 145025 号

机械设计基础

郭瑞峰 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:吴 晗

封面设计:范翠璇

责任校对:刘 竣

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:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉科利德印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20.5

字 数:520 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:39.80 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 钢 庄哲峰 吴 波 何岭松

陈 炜 杨家军 杨 萍 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 孙恒五 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,根据教指委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

本书是根据教育部高等教育司印发的高等学校工科“机械设计基础课程教学基本要求”(少学时)的教学基本内容,并结合多年来的教学、教改实践经验编写而成的。本书在编写的过程中注意体现以下一些理念和主要特点。

(1) 根据教材内容的内在联系,将机械原理和机械设计的相关内容有机地结合在一起划分章节,使全书结构紧凑,相关内容联系紧密,内容更加精练。

(2) 侧重于分析和解决问题的思路,适当简化或省略理论推导过程。对机构从机构的组成、运动特性、设计思路出发进行讲解,对机械零件的设计从受力分析、失效形式、材料选择、强度计算、结构设计的思路出发进行讲解,使学生对设计计算思路更加清晰。

(3) 对于复杂的机械结构、机构部分,尽可能地将三维图形、三维轴测图或实物模型与二维平面线图相结合进行讲解与描述,使非机械类专业的学生更容易理解与掌握。

(4) 每章设有本章小结,对该章主要内容,介绍的重要理论、设计计算方法及重点、难点进行概括性的提炼与总结,帮助和指导学生进行复习和总结。

(5) 尽可能地选择具有工程背景的例题,给学生提供运用知识和解决实际问题的示范,并在每章最后附有丰富的思考题和习题,与课程内容相呼应。思考题有利于学生加深对理论知识的理解,习题有利于引导学生学会运用所学的理论知识去分析问题。

(6) 第1章的机械设计总论使学生能够对机械的构成有一个总体的认识。随着教材的讲述,学生可从局部逐渐认识和理解各常用机构的运动特性、各传动装置的运动特性,各零部件的结构特点和设计计算方法,第15章是从总体上、全局上对机械系统的设计进行综述,使学生能够贯通所学知识,并运用知识创新性地进行机械设计。

本书的具体编写分工如下:西安建筑科技大学郭瑞峰编写第1、7、12、14、15章,史丽晨编写第4、10章,王风梅编写第2、3章,全美娟编写第5、6章,同志学编写第13章,郭瑞峰、杨振乾编写第11章,康智强编写第16章;湖北工业大学商贸学院张哲编写第8、9章。本书由郭瑞峰担任主编,史丽晨、张哲担任副主编。

在本书编写过程中,参阅了大量的同类教材、相关的技术标准和文献,并得到了西安建筑科技大学机电学院机械基础教研室全体教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,疏漏与错误之处在所难免,敬请读者、同行对本书提出批评和改进意见。

编 者

2013年6月

目 录

第 1 章 机械设计总论	(1)
1.1 机械的组成	(1)
1.2 本课程的内容、性质和任务.....	(3)
1.3 机械零件设计概述	(4)
1.4 机械零件的强度	(6)
1.5 机械零件常用材料及热处理方法	(9)
本章小结	(11)
思考与练习题	(12)
第 2 章 平面机构的组成与自由度	(14)
2.1 平面机构的组成.....	(14)
2.2 平面机构运动简图及其绘制.....	(16)
2.3 平面机构的自由度.....	(20)
本章小结	(24)
思考与练习题	(25)
第 3 章 平面连杆机构	(27)
3.1 铰链四杆机构的基本形式与特性.....	(27)
3.2 铰链四杆机构的演化机构与特性.....	(32)
3.3 平面四杆机构的设计.....	(36)
本章小结	(39)
思考与练习题	(39)
第 4 章 凸轮机构	(42)
4.1 凸轮机构的应用与类型.....	(42)
4.2 凸轮机构从动件常用运动规律.....	(44)
4.3 凸轮轮廓曲线的设计.....	(49)
4.4 凸轮机构设计中的几个问题.....	(52)
本章小结	(55)
思考与练习题	(55)
第 5 章 齿轮传动	(57)
5.1 齿轮传动的类型和特点.....	(57)
5.2 齿廓啮合的基本定律.....	(58)
5.3 渐开线齿廓.....	(59)
5.4 标准直齿圆柱齿轮的名称及几何尺寸参数.....	(61)
5.5 标准渐开线直齿圆柱齿轮啮合传动的条件.....	(63)
5.6 渐开线齿轮的切齿原理及根切现象.....	(65)
5.7 齿轮传动的失效形式和计算准则.....	(68)

5.8 齿轮常用材料及热处理	(71)
5.9 直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	(73)
5.10 直齿圆柱齿轮的强度计算	(74)
5.11 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	(78)
5.12 直齿圆锥齿轮传动	(84)
5.13 齿轮传动设计计算中的主要问题	(87)
本章小结	(95)
思考与练习题	(96)
第6章 蜗杆传动	(98)
6.1 蜗杆传动的特点及类型	(98)
6.2 蜗杆传动的几何参数与运动分析	(99)
6.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(104)
6.4 蜗杆传动的强度计算	(107)
6.5 蜗杆传动的效率和热平衡计算	(111)
本章小结	(112)
思考与练习题	(113)
第7章 轮系及其功用	(114)
7.1 定轴轮系及其传动比	(114)
7.2 周转轮系及其传动比	(116)
7.3 混合轮系及其传动比	(119)
7.4 轮系的功用	(121)
7.5 几种特殊的行星传动简介	(124)
本章小结	(126)
思考与练习题	(127)
第8章 间歇运动机构及组合机构简介	(130)
8.1 棘轮机构	(130)
8.2 槽轮机构	(133)
8.3 不完全齿轮机构	(134)
8.4 组合机构简介	(135)
本章小结	(137)
思考与练习题	(137)
第9章 带传动及链传动	(138)
9.1 带传动概述	(138)
9.2 带传动工作情况分析	(143)
9.3 带传动的设计计算	(146)
9.4 链传动的组成及类型	(157)
9.5 链传动的工作情况分析	(162)
9.6 链传动的设计计算	(165)
本章小结	(172)
思考与练习题	(173)

第 10 章 螺纹连接与螺旋传动	(175)
10.1 螺纹的类型及应用	(175)
10.2 螺纹连接的基本类型	(178)
10.3 螺纹连接的预紧与防松	(179)
10.4 单个螺栓连接的强度计算	(183)
10.5 螺栓组连接的设计	(194)
10.6 螺旋传动简介	(196)
本章小结	(199)
思考与练习题	(201)
第 11 章 轴及轴毂连接	(203)
11.1 轴的功用和类型	(203)
11.2 轴的材料	(205)
11.3 轴的结构设计	(206)
11.4 轴的工作能力计算	(210)
11.5 轴毂连接	(215)
本章小结	(221)
思考与练习题	(222)
第 12 章 轴承	(224)
12.1 机械中的摩擦、磨损与润滑	(224)
12.2 滑动轴承的类型及结构	(229)
12.3 轴瓦结构及轴承材料	(231)
12.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	(236)
12.5 液体摩擦滑动轴承	(238)
12.6 滚动轴承的类型、代号及选用	(241)
12.7 滚动轴承的选择计算	(247)
12.8 滚动轴承的组合设计	(254)
本章小结	(260)
思考与练习题	(261)
第 13 章 联轴器、离合器和制动器	(263)
13.1 概述	(263)
13.2 联轴器	(264)
13.3 离合器	(270)
13.4 制动器	(275)
本章小结	(276)
思考与练习题	(277)
第 14 章 机械的调速与平衡	(278)
14.1 机械速度波动及其调节	(278)
14.2 飞轮的近似设计计算	(279)
14.3 回转件的平衡	(283)
本章小结	(288)

思考与练习题·····	(288)
第 15 章 机械系统设计及减速器简介 ·····	(290)
15.1 机械系统设计的基本要求和一般步骤·····	(290)
15.2 机械系统方案设计·····	(291)
15.3 减速器简介·····	(296)
本章小结·····	(299)
思考与练习题·····	(299)
第 16 章 弹簧 ·····	(300)
16.1 弹簧的功用和类型·····	(300)
16.2 弹簧的制造和材料·····	(301)
16.3 圆柱螺旋弹簧的设计计算·····	(303)
本章小结·····	(312)
思考与练习题·····	(312)
参考文献 ·····	(313)

第 1 章 机械设计总论

人类为了减轻体力劳动,提高生产率而创造、发明了各种各样的机械。随着生产的发展,人类对机械的研究也不断深入,到 19 世纪中期,逐渐形成了系统研究机械的学科。机械工业在现代社会中担负着为国民经济各部门提供机械装备的重任,其发展的技术水平和生产能力是衡量一个国家工业水平的重要标志。

1.1 机械的组成

为满足生产和生活需要,人们设计和制造了类型繁多、功能各异的机器。经常见到的飞机、汽车、起重机、内燃机、电动机、机床、自行车、缝纫机、洗衣机等都称为机器。

自行车是一种简单的人力机器。图 1-1(a)所示是最早的木轮自行车,车体结构比较简单,只有两个轮子,中间连着横梁,上面安一条板凳,没有驱动装置和传动装置,人骑在上面,只能用两只脚,一下一下地蹬踩地面驱动车轮向前滚动,要改变方向也只能下车搬动。图 1-1(b)所示是 1869 年雷诺发明的自行车;图 1-1(c)所示是现代普通自行车。它的动力源是人力,通过踏板、链传动装置带动后轮回转,实现代步功能。通过车把和车闸实现自行车的转向和制动。

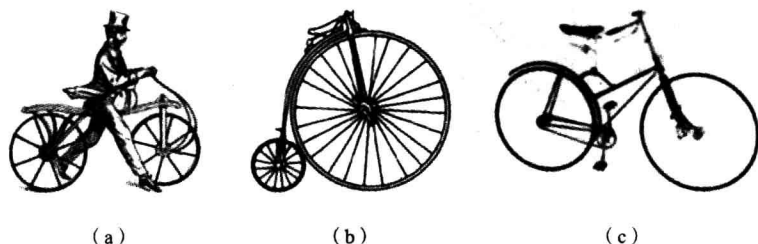


图 1-1 自行车

(a) 木轮自行车;(b) 雷诺发明的自行车;(c) 现代普通自行车

图 1-2 所示为一种常见的曲轴冲床。当离合器闭合时,电动机通过带传动装置、齿轮传动装置及离合器带动曲轴转动,曲轴通过连杆带动滑块、上模作上下往复移动,通过上模与下模产生的压力完成冲压工作。当离合器脱开时,制动器制动,使曲轴停止旋转。

图 1-3 所示为一单缸四冲程内燃机。它由燃气燃烧推动活塞在缸体内上下往复移动,通过连杆使曲轴连续转动,同时通过齿轮、凸轮、顶杆实现进、排气阀有规律的启闭,从而相互之间协调运动,将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

按运动和动力传递的路线对机器各部分功用进行分析,任何一台机器都是由原动机、传动装置、工作执行部分三大机械部分和控制系统组成的,如图 1-4 所示。

原动机是驱动整台机器以完成预定功能的动力源,一般来说,它用于把其他形式的能量转换为机械能。工作执行部分是能产生规定的动作,以完成机器预定功能的部分。一台机器可以只有一个执行部分,也可以有几个执行部分以分别完成不同功能。传动装置连接原动机和

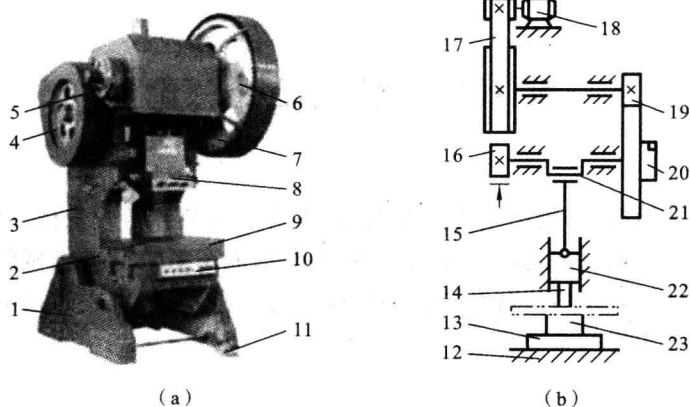


图 1-2 曲轴冲床

(a) 构造示意图; (b) 传动系统示意图

1—底座; 2, 12—工作台; 3—床身; 4, 17—带传动装置; 5, 16—制动器; 6, 20—离合器; 7, 19—齿轮传动装置; 8, 22—滑块; 9, 13—垫板; 10—控制面板; 11—脚踏板; 14—上模; 15—连杆; 18—电动机; 21—曲轴; 23—下模

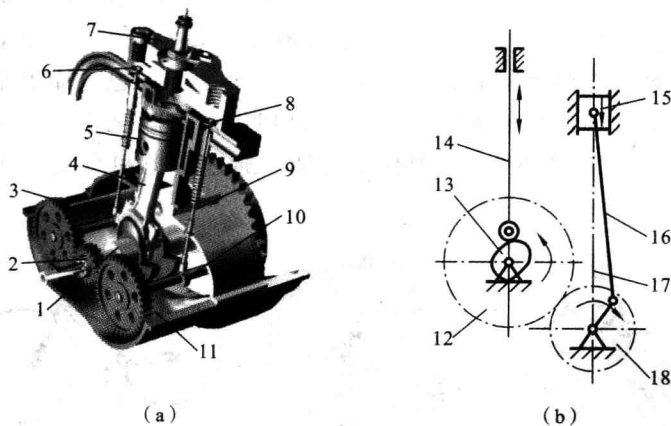


图 1-3 内燃机

(a) 构造示意图; (b) 传动系统示意图

1, 17—曲轴; 2, 18—小齿轮; 3, 11, 12—大齿轮; 4, 16—连杆; 5, 15—活塞; 6—进气阀; 7—缸体; 8—排气阀; 9, 14—顶杆; 10, 13—凸轮

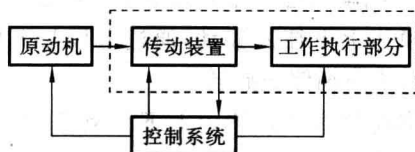


图 1-4 机器的组成

执行部分, 将原动机的运动和动力转变或传递到执行部分。例如: 将高速回转变为低速回转, 将小转矩变为大转矩, 把旋转运动转换为直线运动等。随着机器的功能复杂化, 机器还会不同程度地增加控制系统和其他辅助系统等。

从机器的构造、运动和功能上看, 机器都具有如下共同的特征:

- (1) 机器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) 能实现机械能与其他形式能之间的转换或做有效的机械功。

凡同时具备以上三个特征者称为机器。仅具有前两个特征的则称为机构。机械就是机器和机构的总称。

机构是具有确定相对运动的人为实体的基本组合体,以传递和转换运动。例如在内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体的组合,可将活塞的往复移动转换为曲轴的连续转动,这一组合体称为曲柄滑块机构。三个齿轮和气缸体的组合,可将一种旋转运动转换为转速和转向都改变了的另一种旋转运动,这一组合体称为齿轮机构。凸轮、顶杆和气缸体的组合,可将凸轮的连续旋转运动转变为顶杆的往复移动,这种组合体称为凸轮机构。

显然,机器是由机构组成的。一台机器可以只包含一个机构,也可以包含多个机构,如上述的内燃机就包含了三个不同的机构。组成机器的各个机构在一定条件下按预定规律协调地运动,最终使机器实现能或功的转换。若撇开机器在做功和转换能量方面的作用,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。

机械中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构及其他常用机构。

组成机构的各个实体,都是作为一个独立的单元作相对运动,称为构件。而机械的每个最小制造单元称为零件。

构件可以是单一的零件,也可以是由几个零件连接而成的刚性组合体。如图 1-5 所示的内燃机曲轴就是单一的整体,既是制造单元,又是运动单元,因而既是一个零件,也是一个构件。而图 1-6 所示的内燃机中的连杆,由于结构、工艺等方面的原因,是由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓、螺母、定位销等零件连接组合而成的,在机器运动过程中,它们的组合体作为一个整体运动,是一个构件。



图 1-5 曲轴

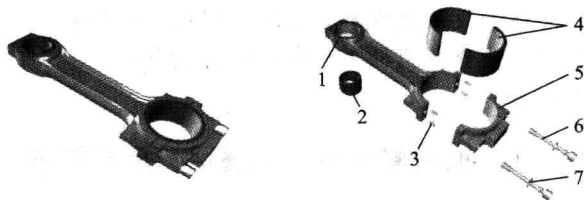


图 1-6 连杆

1—连杆体;2—衬套;3—定位销;4—轴瓦;5—连杆盖;6—螺栓;7—螺母

机械的零件按其用途分为通用零件和专用零件两类。凡在各种机械中都经常使用的零件,如齿轮、螺钉、弹簧等,称为通用零件。只适用于一定类型机械使用的零件,如鼓风机叶片、内燃机的曲轴等,则称为专用零件。另外,常把实现单一功能、由一组协同工作的零件装配而成的组合体称为部件,如滚动轴承等。

1.2 本课程的内容、性质和任务

本课程主要研究机械中常用机构和通用零件的结构特点、工作原理、运动特征、基本的设计理论和计算方法。其中包括:常用机构如平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构及组合机构等;通用零件如机械传动中的带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等零件;轴系类零部件中的轴、键、轴承、联轴器、离合器、制动器等;连接中的螺纹连接;其他零部件,如弹簧、减速器等。此外,还涉及机械的平衡与调速等有关机械动力学方面的基础知识。

由以上研究内容可知,本课程是研究常用机构和通用零件的基本设计理论和方法的技术基础课程,是继先修技术基础课程,如机械制图、工程力学、金属材料等课程之后的又一门重要的技术基础课。通过本课程的学习和有关实践,使学生具有一定机械设计能力,具体要求如下。

(1) 掌握常用机构的结构、工作原理、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析和设计基本机构的能力,并对机械运动方案的设计有所了解。

(2) 掌握机械中通用零件的工作原理、特点、应用和设计计算的基本知识,并初步具有设计机械传动装置和简单机械的能力。

(3) 具有运用标准、规范、手册及相关技术资料的能力。

1.3 机械零件设计概述

设计具有广泛的含义,一般认为,设计是根据市场需求,对技术系统、零部件、工艺方法等进行计划和决策的循环反复的过程。

所谓机械设计就是从市场需求出发进行规划,通过构思和决策,确定机械产品的功能和原理方案,创造出新机械或改进原有机件,确定技术参数和结构,并将设计计算结果以图样、计算说明书、计算机软件等形式加以描述、表达的过程。

简单地说,机械设计的方法是:在确定了机械要达到的功能和性能指标后,拟订机械的总体方案;选用原动机、传动装置、各种机构以实现既定功能;然后进行机械零件的结构设计、工艺设计等技术设计;最后进行样机试制和产品鉴定等。

机械产品的总体方案设计是一个选择和优化的过程。只有对机械中通常使用的各种机构的结构特点、工作原理、运动特性进行深入地学习与研究,才能作出合理的选择与评价。机械产品的总体设计相关内容将在第15章进行讲述。

这里主要介绍机械零件结构设计的共性内容,如机械零件设计时的基本要求、设计步骤、设计方法等。

1.3.1 机械零件设计应满足的基本要求

机械零件设计时应满足的基本要求大致如下。

1. 避免机械零件的失效

机械零件由于某种原因不能正常工作时,称为失效。零件在不发生失效的前提下,能安全工作的限度称为零件的工作能力。对载荷而言的工作能力称为承载能力。零件的失效形式有多种,归纳起来最主要是由强度、刚度、耐磨性、振动稳定性不足等引起的,或由高温、高腐蚀环境引起的。

1) 强度

强度是指在载荷作用下机械零件抵抗断裂或塑性变形的能力。零件在工作中发生断裂或不允许的残余变形统属于强度不足或强度失效。除了用于安全装置中预定适时破坏的零件外,任何零件都应当避免出现强度不足的情况。

2) 刚度

刚度是指在载荷作用下机械零件抵抗弹性变形的能力,特别是指在载荷作用下抵抗伸长、缩短、挠曲、扭转等的弹性变形的能力。零件在工作时所产生过大的弹性变形,超过了允许的限度统属于刚度不足或称刚度失效。很显然,只有当弹性变形过大会影响机械零件或整台机械的工作性能时,零件才需要满足刚度要求。例如机床主轴、电动机轴、齿轮轴等都必须具有一定的刚度;其弹性变形量不允许超过一定的数值,以保证机器的正常工作。

3) 耐磨性

在压力作用下,相接触的两个零件作相对运动时,其接触表面的物质发生损失或转移的现

象称为磨损。耐磨性就是指零件抵抗磨损的能力。零件磨损后会改变形状及尺寸,从而使机器的运转精度、可靠性及效率降低。因此,应尽量避免或减少零件的磨损,使其在规定的工作期限内,不致因过度磨损而失效。例如轴承的润滑、密封不良时,轴瓦或轴颈就可能由于过度磨损而失效。

4) 振动稳定性

机械零件的固有频率与周期性干扰力的频率相等或成整数倍关系时,就会发生共振,导致振幅急剧增大,最终导致零件或机器的破坏,这种现象称为失去振动稳定性。所谓振动稳定性,是指机器中受激励振动作用的各零件及整台机械的固有频率与干扰频率错开一定距离的性质。对于重要的特别是高速回转的轴,应验算其振动稳定性。

5) 耐热耐蚀性

机械零件必须在许可的温度下工作。零件受热时,将产生热变形及热应力,同时还会破坏正常的润滑条件,从而导致零件接触表面因烧伤而失效。对于处于腐蚀性介质中工作的零件,有可能使材料遭受腐蚀。

为了保证机械零件具有一定的工作能力,就要求它们具有足够的强度或刚度、良好的耐磨性、振动稳定性和耐热耐蚀性及合理的可靠性。这些要求如得不到满足,机器就不能正常工作。所以常根据这些要求确立衡量机械零件工作能力的准则并在设计过程中进行相应的计算。

对应各种失效形式,就有各种不同工作能力判定条件 and 设计准则。例如:当强度为主要失效形式时,机械零件按强度条件,即应力 $\leq$ 许用应力,进行判定和设计计算;当刚度为主要失效形式时,机械零件按刚度条件,即弹性变形量 $\leq$ 许用变形量,进行判定和设计计算;当磨损作为主要失效形式时,就采用条件性计算,限制零件表面上的压力及相对滑动速度,使其不超过许用值。

同一种零件可能会发生几种不同形式的失效,设计时常根据一个或几个可能发生的主要失效形式运用相应的判定条件,确定零件的结构形状和主要尺寸。例如,轴的失效可能是由于疲劳强度不足而发生的断裂,也可能由于刚度不足而产生的过大的弹性变形。显然,两者中的较小值决定了轴的承载能力和结构尺寸。

2. 良好的结构工艺性

良好的结构工艺性,是指零件在既定的生产条件下,能够方便而经济地制造出来,并便于装配成整机的特性。零件的结构工艺性应从毛坯制造、机械加工及装配等几个生产环节加以综合考虑。对零件结构工艺性具有决定性影响的零件结构设计,在整个设计工作中占有很大的比重,因而必须予以足够的重视。

3. 良好的经济效益

经济效益首先表现在零件本身的生产成本上。设计零件时,应力求设计出耗费能源、材料、人工最少的零件。在设计中,应尽可能采用标准化的零部件,以取代特殊加工的零部件。

1.3.2 机械零件设计的步骤

- (1) 根据零件在机器中的地位和作用,选择零件的种类和结构形式。
- (2) 拟订零件的计算简图。
- (3) 针对零件的工作情况,进行载荷分析,建立力学模型,确定作用在零件上的载荷。
- (4) 分析零件在工作时可能出现的失效形式,确定零件工作能力的判定条件和计算准则。

(5) 根据零件的工作条件和对零件的特殊要求,选择合适的材料,并确定必要的热处理或其他处理方法。

(6) 根据计算准则建立或选定相应的计算公式,计算出零件的主要尺寸,并加以标准化或圆整,根据工艺性进行适当的调整。

(7) 绘制零件工作图,标注必要的技术要求,并写出零件的计算说明书。

1.3.3 机械零件设计方法

机械零件的设计方法可分为常规设计方法和现代设计方法。

1. 常规设计方法

常规设计方法是目前机械工程中广泛和长期采用的设计方法,也是本课程中机械零件设计时所采用的设计方法。它主要有三种:理论设计、经验设计、模型实验设计。

1) 理论设计

理论设计是根据长期实践总结出来的设计理论和实验数据所进行的设计。按照设计顺序的不同,零件的理论设计可分为设计计算和校核计算。

(1) 设计计算 在零件尺寸尚未决定之前,根据零件的工作情况,进行失效分析,确定零件工作能力设计计算准则,按其理论设计公式确定零件的主要尺寸。

(2) 校核计算 先按经验、规范、估算或参照已有实物类比,初步确定零件的结构和尺寸,然后根据工作能力设计准则所确定的理论校核公式进行校核计算。

2) 经验设计

经验设计是根据同类机器及零件已有的设计和长期使用累积的经验而归纳出的经验公式,或者是根据设计者的经验用类比法所进行的设计。经验设计简单方便,对于那些使用要求变动不大而结构形状已典型化的零件,是比较实用可行的设计方法。通常都是用于外形复杂、载荷情况不明而目前尚难以进行理论设计的零件,如机架、箱体、齿轮、带轮等传动零件的结构设计。

3) 模型实验设计

对于尺寸特别大、结构复杂、以现有理论知识尚不足以进行详尽分析的重要零件,可采用模型实验设计的方法。其实施过程是:把初步设计的零部件或机器做成小模型或小样机,通过模型或样机实验对其性能进行检验,根据实验结果进行修改,最后完成设计。

2. 现代设计方法

近三四十年来,随着科学技术的迅速发展和计算机的广泛应用,在设计领域相继发展了一系列新兴学科,即所谓的现代设计理论与方法,如计算机辅助 CAD 设计、优化设计、可靠性设计、模块化设计、动态设计、疲劳设计、三次设计、反求工程、并行设计、有限元方法、人工神经网络设计方法等。目前,这些学科已日趋成熟,并在工程设计中得到广泛应用。

1.4 机械零件的强度

强度是机械零件首先应满足的基本要求,是指零件的应力不得超过允许的限度。强度按其所受应力性质不同分为静强度和疲劳强度。

1.4.1 载荷和应力

作用在机械零件上的载荷可分为静载荷和动载荷两类。不随时间变化或变化较缓慢的载