

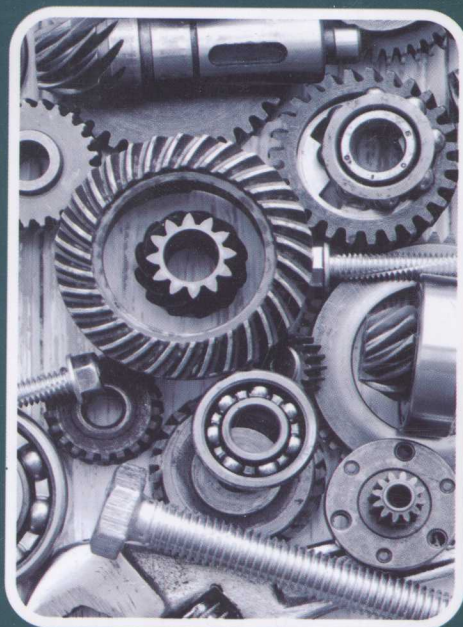


全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

丛书顾问 ▶ 李培根 林萍华

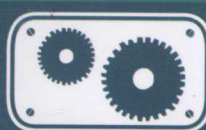
机械设计 基础

郭润兰 马蓉 ▶ 主编



JIXIE SHEJI JICHU

JK



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 郭润兰 马 蓉

副主编 王 芳 王 芳

ISBN 978-7-309-08821-1

定价 35.00元

本书可作为机械类各专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类各专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类各专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书可作为机械类各专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

华中科技大学出版社
中国·武汉



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,并总结多年的教学经验和教改实践经验编写而成的。

全书共分 15 章,较详尽地介绍了机械设计常用的基础知识,内容包括:① 常用机构的类型、特点、功用及其在实践中的应用,以及常用机构设计的基本知识及其运动学与力学特性的分析方法;② 常用机械零件设计的基本知识及选用原则;③ 互换性与测量技术基础知识;④ 机械系统方案设计。本书针对我国卓越工程师教育培养计划的实施,在体系和章节内容的安排上作了精心的编排。各章中配有相应的例题、习题以及必要的资料。

本书主要作为高等工科院校近机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,较适宜的授课学时为 80 学时左右;也可供有关专业的教师、学生和工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郭润兰 马 蓉 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5609-8874-0

I. 机… II. ①郭… ②马… 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 081457 号

机械设计基础

郭润兰 马 蓉 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:刘 勤

封面设计:范翠璇

责任校对:朱 玢

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:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:24.25

字 数:643 千字

版 次:2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:43.80 元



华中出版

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 杨家军 杨 萍

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。

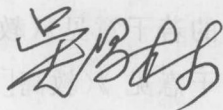
教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

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,并总结多年的教学经验和教改实践经验编写而成。

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,在编写中力求具有如下特色。

(1) 针对机械工程学科新课程体系改革的需要和非机械类专业面广、学时少的特点,精选内容,突出机械设计的基本知识、基本理论和基本设计方法的基本教学内容,淡化公式推导,加强提出问题、分析问题和解决问题的能力培养。

(2) 为配合卓越工程师教育培养计划,在内容上作了适当的调整。

(3) 通过简要介绍课程的性质、任务、内容等背景知识和适当介绍本学科的新知识、新成果及新发展,激发学生的求知欲望和学习兴趣。

(4) 首先介绍机械的总体设计,然后着重介绍组成机械的机构、零件及部件的设计;在最后一章,介绍机械系统运动方案的设计方法和步骤,加强了整体机械系统的分析、设计,使学生能结合实际问题,综合运用本课程的知识,拟订机械传动方案和机构方案。此外,还有选择地介绍了现代设计方法,以扩大学生的设计视野。

(5) 全书内容覆盖面广、概念清楚。为配合非机械类专业缺乏“互换性与测量技术”的知识,在本书的编写中专门有一章介绍互换性与测量技术的基础知识,并采用最新颁布的有关国家标准、规范。

本教材注重理论联系实际,注重培养学生提出问题、分析问题和解决问题的方法和能力,使学生学会灵活运用所学知识,解决具体机构、一般机械及零件、部件的设计,并不断提高创新能力。本教材有比较强的通用性,适合于近机类及非机械类各专业使用,教学时可根据不同专业学时数的多少等实际需要对本书内容作适当的取舍,以适应近机类及非机械类各专业课程体系的教学。

本书由郭润兰统稿,第 1、2、3、4、14、15 章由郭润兰编写,第 5 章由杨勇编写,第 6 章由王彩红编写,第 7 章由杨东亚编写,第 8 章由杨勇编写,第 9 章由李书环编写,第 10、11 章由马蓉编写,第 12、13 章由王莉静编写。

由于编者水平有限,书中难免存在错误及不足之处,殷切希望读者批评指正。

郭润兰

2013 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机械设计基础课程的研究对象及内容	(1)
1.2 机械设计的基本要求和一般程序	(4)
1.3 机械零件的主要失效形式和设计准则	(6)
习题	(8)
第 2 章 平面机构的结构分析	(9)
2.1 机构的组成	(9)
2.2 平面机构的运动简图	(12)
2.3 平面机构的自由度	(14)
习题	(20)
第 3 章 平面连杆机构	(22)
3.1 概述	(22)
3.2 平面四杆机构的基本类型及其演化	(23)
3.3 平面四杆机构的基本特性	(29)
3.4 平面四杆机构的图解法设计	(36)
3.5 平面四杆机构的解析法设计	(40)
3.6 多杆机构简介	(44)
习题	(48)
第 4 章 凸轮机构	(50)
4.1 凸轮机构的应用和分类	(50)
4.2 凸轮机构从动件常用的运动规律	(55)
4.3 盘形凸轮轮廓曲线的图解法设计	(59)
4.4 盘形凸轮轮廓曲线的解析法设计	(63)
4.5 凸轮机构设计应注意事项	(67)
习题	(70)
第 5 章 间歇运动机构	(73)
5.1 棘轮机构	(73)
5.2 槽轮机构	(76)
5.3 其他间歇运动机构简介	(81)
习题	(87)
第 6 章 连接	(88)
6.1 概述	(88)
6.2 螺纹	(90)

6.3	螺旋副的受力分析、效率与自锁	(93)
6.4	螺纹连接的主要类型和螺纹连接件	(95)
6.5	螺纹连接的预紧和防松	(98)
6.6	螺纹连接的强度计算	(100)
6.7	螺栓连接的结构设计	(104)
6.8	螺旋传动	(108)
6.9	键和花键连接	(113)
6.10	销连接和过盈连接	(119)
	习题	(121)
第 7 章	几何量公差基础	(123)
7.1	概述	(123)
7.2	孔、轴公差与配合	(127)
7.3	几何公差	(139)
7.4	表面粗糙度轮廓	(157)
7.5	典型零件的公差与配合	(163)
	习题	(178)
第 8 章	带传动与链传动	(179)
8.1	带传动类型及其应用	(179)
8.2	带传动工作情况分析	(181)
8.3	普通 V 带传动的设计计算	(184)
8.4	传动链和链轮	(191)
8.5	链传动的运动不均匀性	(194)
8.6	链传动的设计计算及主要参数选择	(195)
8.7	链传动的布置、张紧和润滑	(199)
	习题	(202)
第 9 章	齿轮传动	(203)
9.1	齿轮传动概述	(203)
9.2	齿廓啮合基本定律	(204)
9.3	渐开线齿廓及其啮合特性	(204)
9.4	标准直齿圆柱齿轮的名称及基本尺寸	(206)
9.5	渐开线齿轮的正确啮合和连续传动的条件	(208)
9.6	渐开线齿轮的切齿原理	(211)
9.7	轮齿的失效和齿轮材料	(214)
9.8	直齿圆柱齿轮强度计算	(216)
9.9	斜齿圆柱齿轮传动	(222)
9.10	直齿锥齿轮传动	(227)
9.11	齿轮结构	(230)
	习题	(232)

第 10 章 蜗杆传动	(235)
10.1 概述	(235)
10.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸计算	(240)
10.3 普通圆柱蜗杆传动承载能力计算	(246)
10.4 普通圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(252)
10.5 圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计	(256)
习题	(259)
第 11 章 轮系	(261)
11.1 轮系的分类	(261)
11.2 定轴轮系的传动比	(264)
11.3 周转轮系的传动比	(266)
11.4 混合轮系及其传动比	(268)
11.5 轮系的应用	(270)
11.6 几种新型齿轮传动简介	(273)
习题	(277)
第 12 章 轴承	(280)
12.1 滑动轴承	(280)
12.2 滚动轴承	(288)
习题	(307)
第 13 章 轴	(309)
13.1 轴的功用及分类	(309)
13.2 轴的常用材料及热处理	(310)
13.3 轴的结构设计	(312)
13.4 轴的强度计算	(315)
13.5 轴的刚度计算	(322)
习题	(323)
第 14 章 联轴器、离合器	(325)
14.1 联轴器	(325)
14.2 离合器	(329)
习题	(330)
第 15 章 机械系统运动方案设计	(331)
15.1 概述	(331)
15.2 功能原理设计	(333)
15.3 执行系统运动规律设计	(341)
15.4 执行机构类型设计	(342)
15.5 执行系统协调设计	(350)
15.6 总体方案评价与决策	(355)
15.7 机械传动系统方案设计	(356)

15.8 系统运动方案设计举例	(363)
习题	(368)
附录 A	(369)
附表 A.1 标准公差数值(GB/T 1801—2009)	(369)
附表 A.2 轴的基本偏差	(370)
附表 A.3 孔的基本偏差	(371)
参考文献	(372)

第1章 绪 论

1.1 机械设计基础课程的研究对象及内容

1.1.1 机械设计基础课程的研究对象

1. 机械

本课程的研究对象是机械,机械是机器和机构的总称。

机械是伴随人类社会的不断进步逐渐发展与完善的。机械已经成为现代社会生产和服务的五大要素(人、资金、能量、材料、机械)之一。从广义角度讲,凡是能完成一定机械运动的装置都是机械。

工程中,常把每一个具体的机械称为机器,即谈到具体的机械时,常使用机器这个名词,泛指时则用机械来统称。现代机器的含义是:机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。坦克、导弹、汽车、飞机、轮船、车床、起重机、织布机、印刷机、包装机等大量具有不同外形,具有不同性能和用途的设备都是具体的机器。由于机器的重要特征是执行机械运动,工程中把机器中执行机械运动的装置称为机构。

图 1.1(a)所示为一单缸四冲程内燃机,可完成进气、压缩、燃烧、排气的循环过程,是一个把热能转换为机械能的具体机器。它主要由汽缸 1,曲轴 2,连杆 3,活塞 4,排气阀门 5,火花塞 6,进气阀门 7,凸轮 8、12,减速齿轮 9、10、11 等组成。

汽缸 1 中的活塞 4 向下移动,排气阀门 5 关闭,进气阀门 7 在凸轮 8 的控制下开启,将可燃气体吸入汽缸,此过程为进气冲程;活塞 4 向上移动时,进、排气阀门均关闭,可燃气体受压

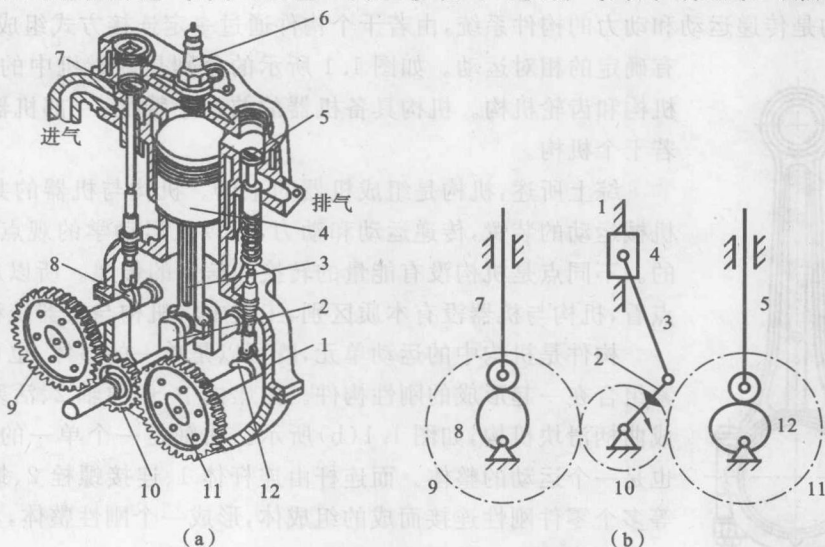


图 1.1 内燃机及其机械简图

缩,此过程为压缩冲程;压缩冲程结束后,火花塞 6 利用高压放电,使燃气在汽缸中燃烧、膨胀,产生压力推动活塞 4 向下移动,此过程为爆炸冲程;活塞 4 向下移动的同时,通过连杆 3 推动曲轴 2 转动,向外输出机械能;当活塞 4 再次上移时,进气阀门 7 继续处于关闭状态,排气阀门 5 在凸轮 12 的控制下打开,将废气排出,这一过程称为排气冲程。图 1.1(b)所示为内燃机的机构简图,利用机构简图对内燃机进行分析和设计,可大大简化了设计工作。

活塞 4 的往复移动通过连杆 3 推动曲轴 2 连续旋转,这种把活塞移动转化为曲轴连续转动的装置为连杆机构。控制进、排气阀运动的装置称为凸轮机构,把凸轮 8、12 的连续转动变换为推杆 5、7 的移动。在四冲程的内燃机中,活塞往复移动四次,曲轴转动两周,进气阀和排气阀各启闭一次,所以凸轮的转数要比曲轴的转数少一半。即在曲轴和凸轮轴之间要设置减速齿轮 9、10、11,称为齿轮机构,可实现减速转动的运动变换。

2. 机器

1) 机器的特征

由上述分析可知,内燃机有以下三个特征:

- (1) 是若干实物(机件)的组合物;
- (2) 各组成部分(实物)之间有确定的相对运动;
- (3) 工作时能够转换机械能或做有效的机械功。

2) 机器的组成

机器是执行机械运动的装置,由此可见机器中要有动力源,称为原动机;机器中还要有机械运动的传递装置或机械运动形态的变换装置,称为机械传动系统和工作执行系统,统称机械运动系统;现代机器还必须有控制系统。图 1.2 所示为机器的组成示意框图。

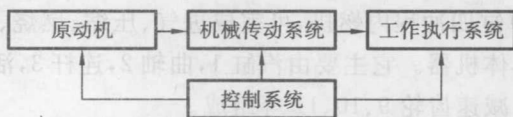


图 1.2 机器的组成示意框图

3. 机构与构件

机构是传递运动和动力的构件系统,由若干个构件通过一定连接方式组成,且各构件之间有确定的相对运动。如图 1.1 所示的分别是内燃机中的连杆机构、凸轮机构和齿轮机构。机构具备机器的前两个特征,一部机器可包含一个或若干个机构。

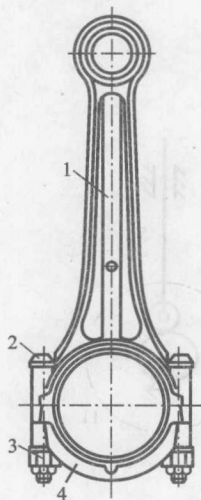


图 1.3 连杆

综上所述,机构是组成机器的主体。机构与机器的共同点都是实现机械运动的装置,传递运动和动力,所以从运动学的观点看,二者是一样的。不同点是机构没有能量的转换和信息的传递。所以从机械运动的观点看,机构与机器没有本质区别,工程中将机构与机器统称为机械。

构件是机构中的运动单元,既可以是单一的整体,也可以是由几个元素组合在一起形成的刚性构件。内燃机中,由曲轴 2、活塞 4 和连杆 3 组成曲柄滑块机构,如图 1.1(b)所示。曲轴是一个单一的整体构件,同时也是一个运动的整体。而连杆由连杆体 1、连接螺栓 2、螺母 3、连杆头 4 等多个零件刚性连接而成的组成体,形成一个刚性整体,如图 1.3 所示。

4. 零件

零件是组成构件或机构的制造单元。如内燃机曲轴,在内燃机的曲

柄滑块机构中是一个运动单元,也是一个制造单元,是构件,也是零件。而组成连杆的连杆体、连杆头、螺栓及螺母则分别是不同的制造单元,均属于零件,各零件之间没有相对运动。零件是制造后没有经过组装的物体,因而是组成机器的最小制造单元。构件可以是若干零件的刚性组合体,也可以是单个零件。如一个齿轮既是一个零件,也是一个构件。

机械零件有通用零件和专用零件两大类。通用零件是各类机械中常用的、具有同一功用及性能的零件,例如齿轮、轴承、螺栓、螺母等。专用零件是为特定机械特别制造的零件,例如,内燃机中的曲轴、活塞均属于专用零件。

综上所述,机器由机构组成,机构由构件组成,构件可以是单一的整体,也可以由若干个零件组成。机器和机构统称为机械。构件和零件之间的主要区别是,构件是运动单元,零件是制造单元。

1.1.2 机械设计基础课程学习的内容、特点和任务

机械设计基础是研究有关“机械”基本理论的一门课程,其研究对象为机械。而机械又是机器和机构的总称,所以说机械设计基础是研究机器和机构基本理论的科学。随着科学技术的飞速发展和各学科之间的融合与渗透,机械的内容不断丰富,微小机械、微型机械、仿生机械、生物机械的出现,使机械设计基础研究对象的含义不断拓展。

1. 机械设计基础课程的内容

- (1) 机械传动 平面机构的自由度、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、带传动等。
- (2) 机械连接 螺纹连接、键连接、销连接等。
- (3) 轴系 滑动轴承、滚动轴承、轴、联轴器、离合器等。
- (4) 机械系统运动方案设计。

2. 机械设计基础课程的主要特点

- (1) “机械设计基础”课程是一门技术基础课程 与基础课程相比,它更接近工程实际;与专业课程相比,它有更宽的研究面和更广的适应性。该课程起到承上启下的作用。
- (2) 多学科知识的综合运用 机械设计基础是综合运用数学、物理学、理论力学、材料力学、工程图学、机械制造基础、金属材料及热处理、公差配合与技术测量等有关的技术基础课程知识的课程。
- (3) 设计步骤和设计结果的多样性 考虑机械设计的综合性,设计者采用的设计步骤和设计结果都具有多样性。
- (4) 设计方法的多样性 在设计机构和零件的过程中,常常需要通过刚度、强度等方面的计算确定构件或零件的一些几何尺寸参数,但计算并非设计的唯一方法和手段。根据给定的运动条件设计机构时,常用的设计方法有解析法、实验法和图解法。设计机械、机构、部件和零件的过程中,还需综合考虑结构、工艺、材料选择和经济性等各方面的因素。

3. 机械设计基础课程的主要任务

- (1) 掌握常用机构的结构、特性等基本知识,并初步具有选用、分析基本机构的能力。
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、应用和简单设计计算方法,并初步具有选用和分析简单机械传动装置的能力。
- (3) 具备运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。
- (4) 培养创新,总结归纳,综合运用所学的知識的能力。

1.2 机械设计的基本要求和一般程序

1.2.1 机械设计的基本要求

机械设计是为了实现机器的某些特定功能要求而进行的创造过程。它包含运用机械设计的基本知识、基本理论和基本方法而进行的开发新机器设备和改进现有的机器设备两种设计。机械的种类繁多,但其设计的基本要求大致相同,主要包含以下几个方面。

1. 使用要求

为了生产和生活上的需要,常常要设计和制造各种各样的机器,因此,所设计的机器必须实现预定的使用功能,这是设计机器的根本目的,也是选择和确定方案的依据,此外要正确地选择机器的工作原理,正确地设计或选用原动机、传动机构、执行机构以及合理地配置辅助系统等。

2. 工作可靠性要求

可靠性是指机器在规定的条件下和规定的使用期限内,完成规定功能的能力。现代化机器的复杂性及现代化大规模生产的高生产率,都要求机器具有较高的可靠性。可靠性是衡量机器质量的一个重要指标,提高机器可靠性的最有效的方法是进行可靠性设计。机器可靠性的高低可用可靠度来衡量。从设计机械的角度看,为保证机械工作可靠,主要考虑以下几方面的因素。

(1) 强度 零件的强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂或者抵抗塑性变形的能力。进行零件设计时,必须根据零件承受的载荷情况,正确地设计零件结构、选择零件材料,使零件在机械工作过程中具备抵抗断裂和塑性变形的能力。

(2) 刚度 刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。零件刚度对机械的工作性能会产生重要影响,设计时应考虑保证零件有足够的刚度。

(3) 耐磨性 耐磨性是指零件在载荷作用下相对运动的零件接触表面之间抗磨损的能力。零件接触表面的磨损,会削弱零件自身的强度,还会导致零件连接处的间隙增大,影响机械的工作性能。在零件材料和零件连接处的结构设计时,需考虑耐磨性对机械正常工作及其工作性能产生的影响。

(4) 耐热性 耐热性是指零件在规定的工作温度环境中抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。为保证机械能够在规定的工作温度环境中正常工作,设计零件时,需对其耐热性能进行相应计算,即考虑热变形和热应力等对零件的刚度及强度等产生的影响,以及在高温下保证机械正常工作应采取的措施。

(5) 避免产生共振 机械中,如果某一零件本身的固有频率与激振源的频率重合或成整数倍关系,则这些零件就会发生共振(即强烈振动),共振时振幅很大。如果零件强烈振动,会缩短零件和机械的使用寿命,降低机械的工作质量和工作性能,产生比较大的噪声,工作环境恶化。

3. 运动和动力性能要求

运动和动力性能是设计机械的重要依据,是必须考虑的重要因素。设计机械时首先根据运动要求、承载要求以及运动时的力学性能要求,确定机械的工作原理,然后再确定执行机构,随之确定机械的传动方案。

4. 经济性要求

机器的经济性是一个综合指标,体现在机器的设计、制造和使用的全过程,包括设计制造经济性和使用经济性等。

1) 提高设计制造的经济性

(1) 采用先进的设计理论和方法,力求参数最优化,特别是先进制造技术,以提高设计制造效率,降低设计制造成本。

(2) 合理地选用材料,合理确定零件的结构形状和尺寸,改善零件的结构工艺性,并应用新材料、新结构、新工艺和新技术。

(3) 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件。

2) 提高使用的经济性

(1) 提高机器的效率 在进行方案设计及结构设计时,要从传动机构及执行机构的类型、自动化程度等方面充分考虑,以便提高机器的效率。

(2) 合理地确定机器的寿命 机器的寿命可分为功能寿命、技术寿命和经济寿命三种:机器从开始使用至其主要功能丧失而报废所经历的时间称为功能寿命;机器从开始使用至其因技术落后而被淘汰所经历的时间称为技术寿命;机器从开始使用至其继续使用将导致经济效益显著降低所经历的时间称为经济寿命。在科学技术高速发展的今天,机器的技术寿命、经济寿命远小于功能寿命。要提高机器的使用经济性,就要由其经济寿命来确定机器更新的最佳时间。

(3) 提高维修的经济性 维修能延长机器的使用寿命,但同时也要付出相应的维修费用。在机器的设计阶段,就应该从结构、防护、润滑与密封等方面提高维修的经济性,以尽可能少的、方便的维修换取尽可能高的经济效益。

机械设计除上述基本要求外,还有控制操作安全方便的要求,以及机械的造型设计美观、大方及结构紧凑等要求。

1.2.2 机械设计的主要内容

机械设计主要包括以下内容:

(1) 确定机器的工作原理,选择合理的机构,拟定合理的设计方案;

(2) 进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;

(3) 进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

1.2.3 机械设计的一般程序

机器是一个复杂的系统。要设计出高质量的机器,就必须有一个科学的设计程序。机械设计过程主要包括计划、方案设计、技术设计和技术文件编制四个阶段。

1. 计划阶段

计划阶段的主要工作是根据市场信息、市场预测或用户要求确定设计任务书。设计任务书的具体内容主要包括机器的功能、用途、基本结构形式、设计进度、主要设计参数及技术经济指标等。

2. 方案设计阶段

实现机器的预定功能是机器设计的核心,但实现同一功能的原理方案可有多种,这要通过创新构思、优化筛选,才能取得较为理想的功能原理方案。此阶段是机器设计的重要阶段,必

须做到科学论证、全面评价,力求获得最佳方案。

3. 技术设计阶段

技术设计的目标是绘出最终的机器总装配图、部件装配图和零件图。主要工作有以下几个方面。

(1) 主要零部件的工作能力设计和结构设计。

(2) 部件装配草图和总装配草图的设计。

(3) 主要零件的校核计算。

(4) 零件图设计。

(5) 绘制最终部件装配图和总装配图。

4. 技术文件编制阶段

通常要编制的技术文件有机器的设计计算说明书、使用说明书、标准件及易损件明细表等。

1.3 机械零件的主要失效形式和设计准则

1.3.1 机械零件的主要失效形式

机械零件在规定的时间内和规定的条件下不能完成规定功能的现象,称为失效。机械零件的主要失效形式有以下几种。

1. 断裂

在载荷的作用下,当某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时,零件就会发生过载断裂;零件在循环变应力的长期作用下会发生疲劳断裂。疲劳断裂是零件的主要失效形式。

2. 表面失效

表面失效发生在机械零件的工作表面上,其主要形式有磨损、疲劳点蚀和腐蚀,它们都是随工作时间的延续而逐渐发生的失效。作相对运动的零件接触表面都有可能发生磨损;在交变接触应力作用下工作的零件表面都有可能发生疲劳点蚀;处于潮湿空气中或与水、气以及其他腐蚀性介质相接触的金属零件,均有可能发生腐蚀。表面失效会影响零件表面精度,改变零件表面尺寸和形状,使运动性能降低,摩擦增大,能耗增加,严重时会导致零件丧失工作能力。

3. 过量变形

机械零件受载荷作用时,必然会发生弹性变形。在允许范围内的微小弹性变形,对机器影响不大,但过量的弹性变形会使零件或机器不能正常工作,有时还会造成较大振动,使零件损坏。如果作用于零件上的应力超过了材料的屈服强度,零件将产生塑性变形。这会造成零件的尺寸和形状改变,破坏零件间的相互位置和配合关系,使零件和机器不能正常工作。

4. 非正常工作条件而引起的失效

有些零件只有在一定的条件下才能正常工作,否则就会引起失效。如V带传动,只有在传递的有效圆周力小于临界摩擦力时才能正常地工作,否则带传动将发生打滑的失效。

1.3.2 机械零件的设计准则

为了保证所设计的机械零件能安全、可靠地工作,在进行设计工作之前,应建立相应的设计准则。设计准则的确定应该与零件的失效形式紧密联系起来。同一种零件可能有不同的失