



高等院校网络教育系列教材

机械设计

安琦◎主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

高等院校网络教育系列教材

机 械 设 计

安 琦 主 编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/安琦主编. —上海: 华东理工大学出版社,
2009. 9

ISBN 978-7-5628-2512-8

I. 机… II. 安… 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(2009)第 083122 号

高等院校网络教育系列教材

机械设计

主 编/安 琦

责任编辑/徐知今

责任校对/金慧娟

封面设计/陆丽君

出版发行/华东理工大学出版社

地址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电话: (021)64250306(营销部)

传真: (021)64252707

网址: press.ecust.edu.cn

印 刷/常熟华顺印刷有限公司

开 本/787 mm×1092 mm 1/16

印 张/27.75

字 数/707 千字

版 次/2009 年 9 月第 1 版

印 次/2009 年 9 月第 1 次

印 数/1-3 000 册

书 号/ISBN 978-7-5628-2512-8/TH·78

定 价/48.00 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

序

网络教育是依托现代信息技术进行教育资源传播、组织教学的一种崭新形式,它突破了传统教育传递媒介上的局限性,实现了时空有限分离条件下的教与学,拓展了教育活动发生的时空范围。从1998年9月教育部正式批准清华大学等4所高校为国家现代远程教育第一批试点学校以来,我国网络教育历经了8年发展期,目前全国已有67所普通高等学校和中央广播电视大学开展现代远程教育,注册学生超过300万人,毕业学生100万人。网络教育的实施大大加快了我国高等教育的大众化进程,使之成为高等教育的一个重要组成部分;随着它的不断发展,也必将对我国终身教育体系的形成和学习型社会的构建起到极其重要的作用。

华东理工大学是国家“211工程”重点建设高校,是教育部批准成立的现代远程教育试点院校之一。华东理工大学网络教育学院凭借其优质的教育教学资源、良好的师资条件和社会声望,自创建以来得到了迅速的发展。但网络教育作为一种不同于传统教育的新型教育组织形式,如何有效地实现教育资源的传递,进一步提高教育教学效果,认真探索其内在的规律,是摆在我们面前的一个新的、亟待解决的课题。为此,我们与华东理工大学出版社合作,组织了一批多年来从事网络教育课程教学的教师,结合网络教育学习方式,陆续编撰出版一批包括图书、课程光盘等在内的远程教育系列教材,以期逐步建立以学科为先导的、适合网络教育学生使用的教材结构体系。

掌握学科领域的基本知识和技能,把握学科的基本知识结构,培养学生在实践中独立地发现问题和解决问题的能力是我们组织教材编写的一个主要目的。系列教材包括了计算机应用基础、大学英语等全国统考科目,也将涉及管理、法学、国际贸易、化工等多学科领域的专业教材。

根据网络教育学习方式的特点编写教材,既是网络教育得以持续健康发展的基础,也是一次全新的尝试。本套教材的编写凝聚了华东理工大学众多在学科研究和网络教育领域中有丰富实践经验的教师、教学策划人员的心血,希望它的出版能对广大网络教育学习者进一步提高学习效率予以帮助和启迪。

华东理工大学副校长

涂善东教授

前 言

机械设计课程教学目标主要有两个方面,一是学习在普通工作条件下一般参数的通用零件和部件的原理、结构、材料、设计及选型方法;二是学习综合运用各种机械零件、各种机械结构的知识以及其他先修课程的知识,掌握设计机械传动装置和一般机器的方法,从而具备进行基本机械设计的能力。

网络教学有它的特殊性,对教材的编写提出了新的要求。作为机械设计课程的任课教师,长期的网络教学实践,结合在实际科研、机械产品开发研究的体会以及目前国际上机械设计课程教学内容的发展,使我们深切感到,编写一本符合网络教学实际要求,便于学生学习、理解和掌握的机械设计教材十分必要。

本书是依照教育部颁发的《机械设计课程教学基本要求》(1995年修订版)、《普通高等教育“十一五”国家级教材规划建设内容建议》以及教育部机械设计教学指导委员会《机械设计课程(机械类专业)教学基本要求(讨论稿)》(2004年7月),在以往编写的“十一五”规划教材《机械设计》的基础上,结合网络教学的实际特点进行编写的。本书在满足基本教学要求的前提下,强化了内容的实用性、易学性,并对内容进行了科学的编排,主要特点如下:

(1) 强化基本原理、基本设计方法。对机械设计中疲劳强度理论,机械零件的摩擦、磨损、润滑、密封,机械零件的失效等基本知识点进行了系统的归纳;

(2) 对于具体的机械零部件设计,注重知识逻辑顺序。按照“基本特点及应用—失效方式—设计计算准则—基本参数的确定—设计步骤”这样一个基本的主线进行内容编排,更加符合知识的逻辑规律,便于学生的学习与掌握;

(3) 强化对设计步骤的介绍。对具体的每一种零部件的设计步骤进行归纳或结合具体的例题进行介绍,让学生在学完一种零部件内容后,能够明确完整的设计方法和设计过程;

(4) 对关键知识点和要求掌握的程度进行了明确的说明。在每一章的结尾处增设“学习要求和知识点小结”,将具体要求掌握、要求弄懂和要求理解的内容进行了分类,将关键知识点进行了系统的归纳;

(5) 增加了一章关于整机设计方法的内容,该章可以有效地解决机械设计教材长期以来只注重单个零部件的设计,而忽略整机设计的问题,使学生能够有机会学习建立整机设计的概念和方法,了解设计过程中应该注意的事项;

(6) 结合网络教学的特点,本教材设置了大量具有代表性的例题,配以详细的解题过程,为学生自学及强化对内容的理解创造了条件;还为每一章配以若干选择题和答案,可以帮助学

生测试本章学习效果。

全书由安琦主编,负责统稿工作。具体的编写分工如下:华东理工大学安琦(第1、2、3、5、8、10、13、17章),华东理工大学王建文(第9、15章),浙江大学顾大强(第4、7、14、18章),华东理工大学王小芳(第6章),华东理工大学陶峰(第11、16章),华东理工大学殷勇辉(第12章),全书的习题和自测部分由王建文编写,华东理工大学夏守浩参与了第7章的编写工作。此外,华东理工大学研究生高磊、张志明、王玮、吴昊等参与了文字及图表的整理工作。

限于编者水平所限,书中不足和不当之处在所难免,恳请广大教师、读者批评指正。

编 者

2009年3月于上海

目 录

1 绪论	(1)
1.1 机械设计的基本概念	(1)
1.2 机械设计要求和设计程序	(1)
1.3 机械零件设计要求和设计程序	(3)
1.4 机械零件的设计和标准化	(3)
1.5 机械设计的新进展及对设计人员的要求	(5)
1.6 学习要求	(6)
习题 1	(6)
自测题 1	(7)
2 机械零件的强度和计算准则	(8)
2.1 机械零件的受力分析方法	(8)
2.2 机械零件强度的计算准则	(11)
2.3 机械零件的失效方式及提高强度措施	(14)
2.4 机械零件的表面强度	(16)
2.5 机械零件的刚度及其提高措施	(17)
2.6 振动稳定性和冲击强度	(18)
2.7 学习要求和知识点小结	(20)
习题 2	(21)
自测题 2	(21)
3 机械零件的疲劳强度	(23)
3.1 疲劳破坏的断面特征	(23)
3.2 材料的疲劳特性	(23)
3.3 影响零件疲劳强度的因素	(28)
3.4 机械零件的疲劳极限应力图	(31)
3.5 机械零件的疲劳安全性计算	(32)
3.6 疲劳损伤积累假说及应用	(36)
3.7 学习要求和知识点小结	(41)
习题 3	(42)
自测题 3	(42)
4 摩擦、磨损、润滑及密封	(45)
4.1 摩擦原理	(45)
4.2 磨损原理	(49)
4.3 润滑材料及添加剂	(51)
4.4 机械润滑分类	(55)
4.5 流体润滑分类	(56)

4.6	密封技术	(58)
4.7	学习要求和知识点小结	(62)
习题 4		(63)
自测题 4		(64)
5	螺纹联结	(66)
5.1	螺纹类型	(66)
5.2	螺纹联结和螺旋传动的主要类型	(67)
5.3	螺纹联结的性能等级	(70)
5.4	螺栓联结的拧紧和防松	(71)
5.5	螺栓联结的强度分析	(74)
5.6	螺栓组联结分析	(82)
5.7	提高螺栓联结强度的措施	(88)
5.8	螺旋传动计算	(92)
5.9	学习要求和知识点小结	(94)
习题 5		(96)
自测题 5		(97)
6	轴毂联结	(100)
6.1	键联结	(100)
6.2	花键联结	(104)
6.3	销联结	(108)
6.4	成形联结	(110)
6.5	学习要求和知识点小结	(110)
习题 6		(111)
自测题 6		(112)
7	其他联结	(114)
7.1	铆接	(114)
7.2	焊接	(118)
7.3	胶接	(124)
7.4	过盈配合联结	(127)
7.5	学习要求	(133)
习题 7		(134)
自测题 7		(134)
8	带传动	(136)
8.1	带传动概述	(136)
8.2	带的型号和带轮结构	(137)
8.3	带传动的几何及力学计算	(142)
8.4	弹性滑动现象和打滑失效	(148)
8.5	带传动的疲劳强度分析	(149)
8.6	V 带传动设计过程	(151)
8.7	平带传动设计	(158)

8.8 带传动的张紧	(159)
8.9 其他带传动简介	(160)
8.10 学习要求和知识点小结	(161)
习题 8	(163)
自测题 8	(163)
9 链传动	(165)
9.1 链传动概述	(165)
9.2 传动链结构	(166)
9.3 链轮结构和材料	(168)
9.4 链传动的运动分析	(171)
9.5 链传动的受力分析	(173)
9.6 滚子链传动的失效及强度计算	(175)
9.7 滚子链传动的设计步骤	(177)
9.8 齿型链传动设计	(179)
9.9 链传动的布置、张紧和润滑	(181)
9.10 学习要求和知识点小结	(183)
习题 9	(184)
自测题 9	(185)
10 齿轮传动	(187)
10.1 齿轮传动概述	(187)
10.2 齿轮传动的失效形式与计算准则	(191)
10.3 齿轮材料	(194)
10.4 齿轮传动的受力分析	(196)
10.5 齿轮传动的载荷计算	(199)
10.6 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(204)
10.7 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(220)
10.8 直齿锥齿轮传动计算	(226)
10.9 齿轮传动的润滑和效率	(232)
10.10 齿轮结构	(234)
10.11 其他齿轮传动简介	(235)
10.12 学习要求和知识点小结	(237)
习题 10	(239)
自测题 10	(241)
11 蜗杆传动	(245)
11.1 蜗杆传动的特点	(245)
11.2 蜗杆传动的失效、材料和结构	(248)
11.3 普通圆柱蜗杆传动的基本参数	(250)
11.4 圆柱蜗杆传动几何尺寸	(255)
11.5 蜗杆传动的受力和效率	(258)
11.6 圆柱蜗杆传动的强度计算	(262)

11.7	圆柱蜗杆传动的润滑和热平衡计算	(267)
11.8	圆柱蜗杆传动的设计步骤	(268)
11.9	提高普通圆柱蜗杆传动能力的措施	(272)
11.10	机械传动的选择原则	(274)
11.11	学习要求和知识点小结	(274)
	习题 11	(276)
	自测题 11	(277)
12	轴	(280)
12.1	概述	(280)
12.2	轴的结构	(283)
12.3	轴的强度设计计算	(289)
12.4	轴的刚度计算	(296)
12.5	轴的临界转速	(298)
12.6	提高轴强度的常用措施	(299)
12.7	学习要求和知识点小结	(304)
	习题 12	(305)
	自测题 12	(305)
13	滑动轴承	(307)
13.1	概述	(307)
13.2	径向滑动轴承的结构	(307)
13.3	滑动轴承的材料	(309)
13.4	滑动轴承的润滑材料	(312)
13.5	滑动轴承的润滑方式	(314)
13.6	非液体润滑滑动轴承的计算	(316)
13.7	液体动压形成原理	(318)
13.8	液体动压径向滑动轴承承载能力计算	(320)
13.9	径向滑动轴承的有关性能参数	(323)
13.10	其他形式的滑动轴承	(328)
13.11	学习要求和知识点小结	(331)
	习题 13	(332)
	自测题 13	(333)
14	滚动轴承	(335)
14.1	概述	(335)
14.2	滚动轴承的主要类型、特点和代号	(336)
14.3	滚动轴承的类型选择	(341)
14.4	滚动轴承的工作情况分析	(342)
14.5	滚动轴承的寿命计算	(344)
14.6	滚动轴承的静强度计算	(354)
14.7	滚动轴承的组合结构设计	(355)
14.8	特殊滚动轴承简介	(363)

14.9 学习要求和知识点小结	(364)
习题 14	(366)
自测题 14	(369)
15 联轴器和离合器	(373)
15.1 联轴器的作用及分类	(373)
15.2 刚性联轴器	(374)
15.3 挠性联轴器	(376)
15.4 离合器的作用及分类	(384)
15.5 嵌合式离合器	(385)
15.6 摩擦式离合器	(387)
15.7 其他离合器	(390)
15.8 学习要求和知识点小结	(393)
习题 15	(393)
自测题 15	(394)
16 弹簧	(395)
16.1 概述	(395)
16.2 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的几何参数和特性线	(400)
16.3 圆柱螺旋弹簧的设计计算	(403)
16.4 学习要求和知识点小结	(411)
习题 16	(412)
自测题 16	(413)
17 结构与整机设计	(414)
17.1 结构设计	(414)
17.2 机架零件设计	(417)
17.3 整机系统设计	(421)
17.4 设计的检查	(424)
17.5 学习要求和知识点小结	(425)
习题 17	(426)
 基本符号表	 (427)
自测题答案	(429)
 参考文献	 (431)

1.1 机械设计的基本概念

机械是人类进行物质生产的重要工具,是现代化生产的基础,也是衡量社会生产力的重要标志。关于机械的定义,古今中外有不少具有一定影响力的版本,广泛被接受的一种表述为:机械是机器和机构的总称。而在日常生活中经常谈到的机器一般是指用来执行机械运动的装置,可用来变换或传递能量、物料或信息。用来进行物料传递和变换的机器一般又称作器械、装置或设备,像过滤装置、分离设备、蒸汽锅炉、热交换器、搅拌装置等均属于这样一类机器。用来进行信息传递和变换的机器,通常称为仪器,如各种测量仪器、电视机、电脑、录像机、控制和监视仪器等。

一台完整的机器一般都是由三部分构成,即:动力机、传动装置和工作机。其中动力机是机器的驱动部分,是动力的提供者,它将各种不同形式的能量(如电能、液能、气能、热能、化学能等)通过某种过程转变为机械能,然后提供给机器。常见的动力机有电动机、蒸汽机、汽轮机、内燃机等。传动装置是一种在一定空间中传递能量并同时实现某些其他作用的装置。它的作用主要包括能量的分配、转速的改变、运动形式的改变等。工作机是直接实现规定功能、完成生产任务的部分,它的主要结构形式完全取决于机器本身的用途。

机械零件是指组成机器的不可拆分的基本单元,如螺栓、螺钉、键、带、齿轮、轴、弹簧、销等。部件是指由若干个零件构成的一个特定的功能单元,如滚动轴承、滑动轴承、联轴器、离合器等。

机械零件分为通用零件和专用零件。通用零件是指能在各种机器中广泛使用的零件,专用零件是指只能在某一类特定的机器中使用的零件。

机械系统是指由许多机器、装置、监控仪器等组成的大型工业系统,或由零件、部件等组成的机器。

设计是为了实现某种工程目的而进行的创造性过程,机械设计课程是培养机械工程类专业学生初步掌握设计机械零件及一般机器能力的一门专业基础课程。

1.2 机械设计要求和设计程序

机械设计的内容十分广泛,包括应用新的原理或新的概念,开发创造新的机器,改进现有机器或再设计。机械设计是生产机械产品的第一道工序,设计质量的高低直接关系到机械产品的技术水平和经济效益。机械设计对于国民经济的发展具有很重要的意义。工业产品的核心是设计,一般认为,机械产品性能的高低,在设计阶段成功与否决定了其中的70%。

设计一个机器时首先应满足功能要求。在此基础上,还要考虑满足使用方便、安全可靠、环保、经济合理、外形美观、体积小、重量轻、能耗小、效率高等多种要求。

满足功能要求,就是所设计的机器能在规定的工作条件下、规定的工作寿命内执行预定的

各项功能。这主要靠科学合理地选择机器的工作原理、正确地设计机械零部件来加以保证,确保机器中的零件具有足够的强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等。

满足经济性要求,就是在满足功能要求的前提下,从机器费用、产品制造成本、产品的维修等多种因素中综合衡量,选择最佳设计方案,以获得最大的经济效益。

在设计机器的过程中还要考虑安全问题,防止事故。例如:露天运转的零部件应该加装安全罩,设置保险装置消除误操作或过载引起的危险,操作按钮的设计和布置应易于辨认和操作等。

机器的外观造型目前也越来越受到人们的重视,设计时应考虑造型的比例协调大方,有时代感、美感、安全感。色彩要与产品的功能具有关联性。例如:消防、起重、救护机械要用鲜艳醒目的颜色,从而产生紧迫感、预警感。食品机械以浅色为主,给人以卫生感。军用品械要用保护颜色,给人安全感。

噪声也是机械设计过程必须加以考虑的问题,限制噪声分贝数值已经成为衡量机器性能的重要指标之一。降低噪声,首先要分析产生噪声的原因,然后从设计、工艺、材料等因素着手,采取措施来降低噪声。

此外,对于一些特殊的机器还有其他一些具体的要求。比如:运动式机器有重量轻、体积小要求,食品机械、纺织机械有防止污染的要求,大型机械要考虑如何运输、拆卸和安装等。

然而,上述各项要求在实际设计中有时会出现矛盾的现象,在设计时要考虑抓住主要要求、兼顾其他一些要求进行。例如:煤矿机械、起重机械、冶金机械以安全为主,加工设备(如机床、铣床等)以性能为主,一般不重要的机械以成本为主等。

机械设计的方法大体上有三种不同的类型。

(1) 内插式设计 这种设计是在现有的两种或两种以上的方案中进行综合,这是最为常用的一种设计方法。在进行这种方法设计时一般已经有一些现成的经验、产品可以借鉴和类比,需要对原有的设计原理进行归纳、综合。

(2) 外推式设计 在进行设计时,有一些设计经验可以借鉴,但这些经验只是局部性的,存在一定的未知部分,依靠经验无法完成整个设计,需要进行外推研究,即通过理论探讨、实验研究进行外推部分的开发研究。

(3) 开发式设计 有些设计完全没有任何可以借鉴的成功经验,需要应用新原理、新技术进行开发性设计研究。这时要运用基础理论知识进行有关的功能设计和结构设计。

机械设计的过程应按照一定的程序进行,否则不仅影响最终设计出来的产品质量,而且设计效率不高。严格地说,机械设计没有固定不变的程序,但一般来说,对于一个新产品的机械设计过程大致可以分为如下几个主要阶段。

(1) 调查研究、制订开发计划书 由用户提出要求,用户和设计人员通过讨论、调查分析,共同制订开发计划书。其内容包括产品的国内外现状、用途、功能、基本结构形式、主要设计参数、动力源形式、技术经济指标、成本和利润要求、计划进度等。

(2) 初步设计阶段 这一阶段要确定主要的结构形式,进行机构、零部件的初步设计,对于一些无成功经验可以借鉴的部分,要进行模型试验研究和技术分析,验证原理的可行性、可靠性,发现存在的问题,并探索解决的方法。最终要通过分析、计算,绘制出必要的结构草图。

(3) 绘制装配图和零部件图 在上一阶段工作的基础上,根据对零件的功能要求、加工工艺要求,将零件的形状、尺寸、机械安装尺寸、配合公差等全部确定下来,并绘制出整机的装配

图,在此基础上绘制出所有的零件图,编制技术文件和设计说明书,并不断审核和修改,最终定稿。

(4) 样机试制和技术经济评价 对设计图纸进行全面的审核和改进之后,开始进行样机加工制作,装配完成后进行样机试验,对出现的问题进行分析、改进,然后进行全面的技术和经济性评价,和开发计划书进行比对,研究进一步提高综合性能的方法和措施。

(5) 产品定型、投放市场 在样机达到要求的基础上,进行产品的定型设计,开始小批量生产,投放市场,接受用户反馈信息,再进一步完善之后,形成定型产品,方可进行批量生产。

需要说明的是,上述设计过程的各个阶段互相关联,当其中一个阶段发现问题时,必须进行返回修改。整个设计过程是一个不断修改、返工、完善的优化过程。另外,有些设计并非经历上述设计过程的所有步骤,有时可以根据具体情况跳过某一个步骤,这要根据实际情况进行操作。

1.3 机械零件设计要求和设计程序

机器是由机械零件构成的,机械零件的设计是开发机械产品的基础和关键,设计出来的零件首先要满足功能要求,同时其工作要可靠、成本低。设计时要根据可能发生的失效形式,确定零件在强度、刚度、振动稳定性、耐磨性、温度等各方面必须满足的条件,根据这些条件建立零件工作能力判断的准则,这些准则又是对机械零件尺寸进行计算和确定的依据。

机械零件设计的一般过程为:

(1) 确定零件载荷 根据零件的工作情况,进行计算方案的简化,建立计算数学模型,根据额定功率用力学公式计算出作用在零件上的载荷(称作名义载荷)。考虑到实际载荷随时间作用的不均匀性、载荷在零件上分布的不均匀性及其他影响零件受力情况等因素的综合影响,引入载荷系数 K (或称作工作情况系数) 对名义载荷进行修正,可以得到计算载荷(名义载荷与载荷系数的乘积),计算载荷是对机械零件进行计算的依据。

(2) 选择零件材料 根据零件的工作要求和工作条件,考虑材料的力学性质、物理性质、经济因素及供应情况等,选择合适的零件材料。

(3) 确定零件尺寸 根据零件的工作能力准则,计算确定零件的主要尺寸,考虑加工要求、装配要求、拆卸要求、标准化要求,对尺寸进行确定和圆整。

(4) 绘制零件图 根据确定的主要尺寸,并结合结构和工艺上的要求,绘制零件的工作图,标注必要的技术要求。零件工作图是制造零件的依据,应严格检查,尽量避免差错。

1.4 机械零件的设计和标准化

机械零件设计的计算方法一般有两种,即设计计算和校核计算。设计计算是根据零件所受到的载荷,运用相应的计算准则,计算出零件危险截面的最小尺寸,然后根据结构与工艺要求,使结构尺寸进一步具体化;校核计算是参照已有实物、图纸和经验数据,预先初步拟定零件的结构布局和尺寸,然后根据有关计算准则核算危险截面是否处于安全状态。在进行校核计算时,由于零件的尺寸、结构,甚至加工状态都已经确定,可以在计算过程中采用,因此计算的结果较为精确。这种充分考虑各种有关因素的校核计算也常常称为精确的校核计算。以往人们在进行校核计算时,只能对一些形状和受力方式都比较简单的零件进行精确计

算,但随着计算机技术的发展和有限元分析技术的出现,对复杂零部件的精确计算已经变得容易实现。

这里需要说明的是,目前在机械设计中,不论是设计计算还是校核计算,在计算过程中需要对某些复杂的现象作出适当的简化。比如:以集中力代替实际上的分布载荷,以点支撑代替实际上的面支撑,以恒定的摩擦系数代替变化的摩擦系数等。这样一些假设的引入就使得所进行的机械零件的计算带有了条件性。所以,实际的机械零件的计算一般是一种条件性计算,即:一种合理的简化计算。这种条件性计算虽然在精确性上受到限制,但如果计算过程在合理的假设范围内进行,计算结果仍然具有较高的可信度,完全可以满足工程实际的要求。

还要特别强调的是,本教材介绍的机械零件设计方法,是以传统的疲劳强度计算方法为依据的,即在不产生裂纹的前提下进行的设计,是一种“安全—寿命”的设计思想。由于在实际使用中无法避免裂纹的存在。因此,近年来又发展出了一种新的设计理论——断裂力学理论,产生了一种新的设计方法“破损—安全”的设计概念,该设计方法是允许零件在工作中产生裂纹,并对裂纹疲劳扩展的过程进行研究,掌握其发展规律,确保在规定的寿命内不发生断裂失效。

机械零件的设计不能完全依赖于理论计算,对于复杂的零件,有时可以通过模型试验或实物试验进行确定。要成为一名优秀的设计者,应该将理论与实践经验进行有效的结合。本教材中所介绍的许多计算公式、设计理论是进行零件设计的基础,不仅应该弄清楚它们的由来和正确应用,而且要通过这些公式和理论,掌握各参数之间的相互关系,了解改变这些参数对零件性能的影响过程。但在实际设计中,设计者除了计算以外,还要结合结构、制造、安装、测试、调试、维修等多方面的因素综合进行尺寸的最终确定,设计出来的零件尺寸往往大于理论计算的尺寸。此外,有时也会出现难以用计算方法确定的情况,这时就需要依据设计和生产经验来进行零件尺寸的确定,实际经验对一个成功的设计者来说十分重要,只有不断地积累设计经验才能不断提高设计水平。

任何一个机械零件的设计过程,往往都是一个不断改进和完善的过程,是一个优化的过程。从20世纪80年代以来,出现了以计算机技术为基础的机械优化设计,通过建立设计的目标函数,确定约束条件,通过对特定的算法进行计算机编程求解,可以获得约束条件下的最优值,大大加快了设计的优化过程。

三化程度是衡量产品性能的重要指标之一。通常所说的“三化”就是指标准化、系列化、通用化。标准化设计是随着机械工程科学发展到一定阶段后自然形成的一种先进设计思想,这是因为在不同类型、不同规格的各种机器中,有相当多的零部件是完全相同的。为此,将这些零部件加以标准化、按尺寸大小进行系列化,可以使得设计者不用重复设计,直接从有关的设计手册中进行标准选用。通用化是指系列之内或系列之间尽量采用同一结构和尺寸的零部件。

机械设计中应尽力提高三化程度,因为采用三化具有以下一些优点:

- (1) 减轻设计工作量,避免重复劳动,节省精力以应用于关键设计的活动中;
- (2) 可以减少技术过失的重复出现,增大互换性,便于维修和装配;
- (3) 可以安排专门工厂采用专业设备和先进技术生产标准零件,实现最优的技术经济性能;
- (4) 有利于提高产品的设计、制造速度,增加产品品种、扩大生产批量,达到产品的优质、高产和低消耗。

1.5 机械设计的新进展及对设计人员的要求

机械设计是一门十分古老的学科,从18世纪工业革命开始,一直在迅速发展,特别是近半个世纪以来,随着计算机技术的出现、发展及其在机械设计领域的应用,使得机械设计学科发生了巨大的变化。新的设计方法的不断出现,使机械设计正朝着计算更科学、计算精度更高、计算速度更快的方向发展。机械设计学科的发展和变化主要体现在以下几个方面。

(1) 相关新学科的出现带动机械设计学科的进步 摩擦学是20世纪60年代出现的一门新学科,它对摩擦表面物理和化学性质的研究,为摩擦副的真实机理研究不断提出深入的理论支撑,对润滑的原理和提高润滑效果的方法有了更进一步的发展。其中的弹性流体动力润滑理论的建立,为滚动轴承、齿轮传动等高副接触的润滑问题、疲劳寿命计算提供了科学的理论支撑;断裂力学的出现,使得人们有能力对零件裂纹的扩展规律进行科学的预测,改变了以往认为发生裂纹就意味着失效的设计观点。

(2) 动态设计成为机械设计的发展方向 传统的机械设计偏重于零部件静态设计,每个零件的设计过程相对比较孤立。随着机械动力学学科的发展,特别是计算机技术的发展,大大改变了这种局面,目前正向着以多种零件的综合或整机系统为对象的动态设计方向发展。最近几年出现的计算机虚拟样机技术,借助计算机强大的三维造型和数据处理能力,使动态整机设计技术进一步发展,并取得了良好的应用效果。

(3) 计算机辅助设计推动了机械设计的新发展 随着计算机技术在机械工程领域的不断深入应用,新的设计方法不断出现。比如:优化设计、系统设计、可靠性设计、设计方法学、价值工程、造型设计、模块化设计、并行设计、反求设计、优势设计、绿色设计、有限元方法、数值模拟、人工智能等一系列先进设计方法的出现,加快了机械设计学科的进步和发展。由于计算机具有速度快、计算精度高、有记忆和逻辑判断能力,在机械设计中可以应用其编程进行设计计算、自动设计、计算机绘图、人机对话,这些用计算机辅助进行的设计技术(简称为CAD技术)发展很快。

(4) 机械设计学科正面临重要的机遇和挑战 近年来,机械设计的CAD技术正向规模大、知识广、层次高、智能化、虚拟化、全球化方向发展,已经不是简单地停留在一般的数值计算和绘图功能上,已经能够利用计算机进行逻辑推理、智能化设计、方案构思、决策判断等人力难以完成的工作。大大提高了设计速度、创新设计效率和设计的质量。因此,传统的机械设计学科正面临新的挑战,机电一体化技术的迅速发展,使得机械技术与电子技术、强电与弱电、软件与硬件、控制与信息等多种新技术有机结合,使传统的机械技术每天都在发生巨大的变化,新近发展的光机电一体化技术将光学技术、机械技术和电子技术进行结合,其发展前景更是无可限量。

(5) 微纳米技术为机械设计提出了新的发展领域 纳米技术被称为第三次工业革命,纳米技术为机械设计提出了一个崭新的领域——微机电系统(MEMS),该技术以纳米尺度的机器和零部件为设计对象,所使用的理论和方法与传统宏观机械设计方法完全不同,目前,该领域的研究正逐渐引向深入,微纳米机械设计的前景将十分广阔,其发展过程所挖掘的潜力、对生产力发展的促进正一步步展现出来。

机械设计作为一门特殊的专业,从事机械设计的人员除了要具备扎实的专业基础知识和

生产实际知识以外,还应满足一些更高的要求。

(1) 要不断学习新知识,具有探索和进取精神 科学技术日新月异,机械设计学科更是如此,作为一名机械设计工作者,平时要养成不断学习、自觉进行知识更新的习惯,注意积累有关的科学研究、科技开发、专利等新成果,注意市场发展动态。不断拓宽知识面,学会对多学科知识进行归纳、推理、综合的方法,对机械设计的发展有一定的前沿预测能力。要努力钻研新的理论、新的设计方法,虚心征求用户、制造商、管理人员、销售人员和同行专家的意见,对新产品不断进行改进和完善。

(2) 要有高度的责任心,强化法律和道德观念 机械设计是一种创造新的机械产品的过程,设计质量的问题将可能导致用户的财产损失甚至人员伤亡,可能产生刑事和司法诉讼问题,设计者必须树立高度的责任心,做到工作原理正确、方案可行、可靠性好、符合安全规范,严格避免由于设计质量问题导致的财产和人身伤害事故的发生。

在进行机械设计过程中,设计者还应该严格遵守国家颁布的各项法规、标准、设计规范、专利法、知识产权法、合同、协议等,坚持实事求是的原则,不弄虚作假,对设计的产品性能进行真实说明,对操作过程可能发生和应该注意的问题必须在设计说明书和有关设计文件中交代清楚。

(3) 要培养和具备创新的能力 设计过程本身蕴涵着创新,是一种创造性过程,因此要求设计人员养成勤观察和思考的习惯,能够从工作中发现问题,只有具备了发现问题的能力才能谈得上创新,创新是我们这个时代的主题,作为一名从事机械设计的工作者更应该深深明白其中的重要性。为此,设计人员要不断进行创造性思维和方法的学习和锻炼,不断提高开发创新性机械产品的本领。创新产品不仅要有新意,而且要充分运用新原理、新技术,使设计的产品具备新功能、产生高效益,要实现这样的目标必须在技术上有大的突破,可以毫不夸张地说,作为一名现代机械设计人员,创新设计的能力已经成为一项必备的基本素质。

1.6 学习要求

掌握机器与机械零件的关系;掌握机器、机械、仪器、机械零件、通用零件、专用零件、机械系统等名词的含义;掌握对一个机器的主要要求有哪些,机械设计的一般过程分为哪几个步骤,每一步主要解决什么问题,设计过程应该注意什么;掌握对一个机械零件的主要要求有哪些,机械零件的一般设计过程分为哪几个步骤,每一个步骤主要解决哪些问题;弄清设计过程应该注意什么;掌握设计计算和校核计算的作用和它们之间的不同,弄清条件性计算的含义;掌握标准化的思想和提倡标准化的实际意义,掌握国标概念及代号;明确机械设计学科目前的发展状况,树立正确的专业思想,明确设计过程中应该遵循的行为规范。

习题 1

1. 什么叫机械零件? 什么叫机械部件?
2. 设计机器应满足哪些要求? 其中最主要的要求是什么?
3. 设计开发一个机械新产品的一般过程是什么?
4. 设计一个机械零件的一般过程分为哪几个步骤?
5. 什么叫“三化”? 实行三化的意义是什么?