

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造理论研究与工程技术系列

国家精品课程

MECHANICAL DESIGN

机械设计

(第6版)

主编 王黎钦 陈铁鸣

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进制造理论研究与工程技术系列

国家精品课程

MECHANICAL DESIGN

机械设计

(第6版)

主 编 王黎钦 陈铁鸣

副主编 郑德志 敖宏瑞

内 容 简 介

本书以培养学生基本的综合设计能力为主线,突出了设计性、实践性和综合性。本书按机械设计总论、常用机械零部件设计和机械系统设计三部分,设有:绪论,机械及机械零件的设计基础,机械设计方法简介,摩擦、磨损和润滑,螺纹连接与螺旋传动,轴毂连接,挠性件传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器、离合器及制动器,弹簧,机架零件和机械系统设计共十六章。为便于学生学习专业英语及阅读专业文献,本书每章前有中英文对照的内容提要,在全书最后有机械设计常用中英文词汇表。

本书主要用做高等工业学校机械类专业教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

The main line of this book is to develop the student's basic capacity of comprehensive mechanical design. It features design, practicality and comprehensiveness. The contents are constituted of three parts which are the pandect of mechanical design, common element design and mechanical system design. It includes sixteen chapters: introduction, design basis of machinery and machine elements, introduction to mechanical design methodology, friction, wear and lubrication, threaded connection and power screws, connection between shaft and hub, flexible transmission, gear transmission, worm gearing, shaft, rolling-element bearing, journal bearing, couplings, clutches and brakes, spring, frame elements and mechanical system design etc. To facilitate students to learn English and read professional literatures, at the beginning of every chapter, there is an abstract in both Chinese and English, and a Chinese-English glossary commonly used in mechanical design at the end of the book.

This book is mainly used as a mechanical engineering textbook for institution of higher education, it could also serve as references for teachers, students and technicians in the related fields.

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/王黎钦,陈铁鸣主编.—6版.—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5603-4955-8

I.机… II.①王… III.机械设计-高等学校-教材 IV.①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第237229号

责任编辑 张 荣

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张22 字数531千字

版 次 2015年7月第6版 2015年7月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4955-8

定 价 33.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

编写委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主任	姚英学				
副主任	尤波	巩亚东	高殿荣	薛开	戴文跃
编委	王守城	巩云鹏	宋宝玉	张慧	张庆春
	郑午	赵丽杰	郭艳玲	谢伟东	韩晓娟

编审委员会名单

(按姓氏笔画排序)

主任	蔡鹤皋				
副主任	邓宗全	宋玉泉	孟庆鑫	闻邦椿	
编委	孔祥东	卢泽生	李庆芬	李庆领	李志仁
	李洪仁	李剑峰	李振佳	赵继	董申
	谢里阳				

总 序

自1999年教育部对普通高校本科专业设置目录调整以来,各高校都对机械设计制造及其自动化专业进行了较大规模的调整和整合,制定了新的培养方案和课程体系。目前,专业合并后的培养方案、教学计划和教材已经执行和使用了几个循环,收到了一定的效果,但也暴露出一些问题。由于合并的专业多,而合并前的各专业又有各自的优势和特色,在课程体系、教学内容安排上存在比较明显的“拼盘”现象;在教学计划、办学特色和课程体系等方面存在一些不太完善的地方;在具体课程的教学大纲和课程内容设置上,还存在比较多的问题,如课程内容衔接不当、部分核心知识点遗漏、不少教学内容或知识点多次重复、知识点的设计难易程度还存在不当之处、学时分配不尽合理、实验安排还有不适当的地方等。这些问题都集中反映在教材上,专业调整后的教材建设尚缺乏全面系统的规划和设计。

针对上述问题,哈尔滨工业大学机电工程学院从“机械设计制造及其自动化”专业学生应具备的基本知识结构、素质和能力等方面入手,在校内反复研讨该专业的培养方案、教学计划、培养大纲、各系列课程应包含的主要知识点和系列教材建设等问题,并在此基础上,组织召开了由哈尔滨工业大学、吉林大学、东北大学等9所学校参加的机械设计制造及其自动化专业系列教材建设工作会议,联合建设专业教材,这是建设高水平专业教材的良好举措。因为通过共同研讨和合作,可以取长补短、发挥各自的优势和特色,促进教学水平的提高。

会议通过研讨该专业的办学定位、培养要求、教学内容的体系设置、关键知识点、知识内容的衔接等问题,进一步明确了设计、制造、自动化三大主线课程教学内容的设置,通过合并一些课程,可避免主要知识点的重复和遗漏,有利于加强课程设置上的系统性、明确自动化在本专业中的地位、深化自动化系列课程内涵,有利于完善学生的知识结构、加强学生的能力培养,为该系列教材的编写奠定了良好的基础。

本着“总结已有、通向未来、打造品牌、力争走向世界”的工作思路,在汇聚多所学校优势和特色、认真总结经验、仔细研讨的基础上形成了这套教材。参加编写的主编、副主编都是这几所学校在本领域的知名教授,他们除了承担本科生教学外,还承担研究生教学和大量的科研工作,有着丰富的教学和科研经历,同时有编写教材的经验;参编人员也都是各学校近年来在教学第一线工作的骨干教师。这是一支高水平的教材编写队伍。

这套教材有机整合了该专业教学内容和知识点的安排,并应用近年来该专业领域的科研成果来改造和更新教学内容、提高教材和教学水平,具有系列化、模块化、现代化的特点,反映了机械工程领域国内外的新发展和新成果,内容新颖、信息量大、系统性强。我深信:这套教材的出版,对于推动机械工程领域的教学改革、提高人才培养质量必将起到重要推动作用。

蔡鹤皋

哈尔滨工业大学教授

中国工程院院士

丁酉年 8 月

第6版前言

《机械设计》第6版教材是在“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”)框架下,秉承机械设计课程改革以提高教学质量为目标、以培养学生基本设计能力和创新设计思维为导向的教育理念,在第5版的基础上适度修订完成的。

《机械设计》出版以来,被国内多所高校选作教材,而且使用的高校逐年增加,一方面表明该教材的体系和内容得到了广大师生的认同,另一方面也说明教学改革的理念与兄弟院校达成了共识,特别是在第4版修订过程中补充的机械系统设计和机械设计中常用中英文词汇对照表、可靠性设计、有限元分析等机械设计领域的新知识、新理论和新方法简介,反映了机械设计领域内科学技术的进步,得到了广大师生的充分肯定。

本次修订进一步突出本教材层次分明、概念清晰、行文简洁、知识点合理、概念准确的特点,坚持突出综合性、设计性和实践性的一贯理念。配套资源适度反映了我们机械设计国家精品课程、机械工程实验教学示范中心、机械基础系列课程国家级教学团队的建设成果。修订工作充分考虑了使用本教材的各高等学校反馈的建议,核准并更新了书中涉及的有关标准的内容,修改了文字、符号和插图以及有关计算方面的不当之处。

参加本版教材修订工作的有:哈尔滨工业大学王黎钦(第3章、第16章),陈铁鸣(第5章、第6章),敖宏瑞(第7章、第15章),郑德志(第10章、第11章),赵小力(第1章、第2章、第8章、第9章),姜洪源(第13章、第14章),曲建俊(第4章、第12章),哈尔滨工业大学机械设计系的全体同仁参与了教材内容的修订讨论工作,并结合日常教学过程和教改活动中积累的成功经验,提出了建设性的修改意见。本版教材由王黎钦和陈铁鸣任主编,郑德志和敖宏瑞任副主编。有关配套资源请参阅网址 <http://jxsjpk.hit.edu.cn> 和 <http://tcme.hit.edu.cn>。来信请寄哈尔滨市南岗区西大直街92号424信箱,机械设计系收,邮编150001。

由于编者水平所限,书中难免有缺点、不足和疏漏之处,恳请广大读者来信批评指正。

编者
2015年6月

目 录

第 1 章 绪论	
1.1 机械的组成及本课程研究的对象	1
1.2 本课程的性质、地位和任务	2
1.3 本课程的特点和学习方法	2
第 2 章 机械及机械零件的设计基础	
2.1 设计机械时应满足的基本要求和一般步骤	4
2.2 机械零件的载荷和应力	5
2.3 机械零件材料的选用原则	10
2.4 机械零件的结构工艺性	11
2.5 机械设计中的标准化	15
思考题	15
第 3 章 机械零件的设计方法简介	
3.1 机械零件的常见失效形式和设计准则	16
3.2 设计机械零件时应满足的基本要求和设计方法	19
3.3 机械零件的强度和刚度设计方法	21
3.4 机械零件的精度设计方法	21
3.5 机械零件的动态性能设计方法	24
3.6 机械零件的可靠性设计方法	26
3.7* 机械性能的有限元分析方法	33
第 4 章 摩擦、磨损和润滑	
4.1 摩擦	38
4.2 磨损	42
4.3 润滑剂和添加剂	43
思考题	49
第 5 章 螺纹连接与螺旋传动	
5.1 螺纹	51
5.2 螺纹连接的基本类型和标准螺纹连接件	54
5.3 螺纹连接的预紧	57
5.4 螺纹连接的防松	58
5.5 单个螺栓连接的强度计算	60
5.6 螺栓组连接设计	67

5.7 提高螺栓连接强度的措施	74
5.8 螺旋传动	76
思考题与习题	82

// 第6章 轴毂连接

6.1 键连接	84
6.2 花键连接	87
6.3* 胀紧连接	88
6.4* 其他形式轴毂连接	88
思考题与习题	89

// 第7章 挠性件传动

7.1 带传动概述	92
7.2 普通 V 带的结构、型号和基本尺寸	93
7.3 带传动的理论基础	96
7.4 普通 V 带传动的设计计算	102
7.5 V 带轮	106
7.6 带的张紧	108
7.7 同步带传动简介	109
7.8 链传动概述	110
7.9 传动链和链轮	111
7.10 链传动的运动特性	114
7.11* 滚子链传动的设计计算	117
7.12* 链传动的布置和润滑	121
思考题与习题	122

// 第8章 齿轮传动

8.1 概述	124
8.2 齿轮传动的失效形式和设计准则	125
8.3 齿轮材料及其热处理	128
8.4 齿轮传动的计算载荷	129
8.5 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	133
8.6 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	140
8.7 圆柱齿轮传动的设计	143
8.8* 变位齿轮传动强度计算的特点	155
8.9 直齿锥齿轮传动的强度计算	156
8.10 齿轮的结构设计	162
8.11 齿轮传动的润滑	165
思考题与习题	166

第 9 章 蜗杆传动

9.1 概述	168
9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	171
9.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	176
9.4 普通圆柱蜗杆传动的强度计算	176
9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	179
9.6 蜗杆和蜗轮的结构	182
9.7* 其他蜗杆传动简介	185
思考题与习题	186

第 10 章 轴

10.1 概述	189
10.2 轴的材料	191
10.3 轴径的初步估算	192
10.4 轴的结构设计	194
10.5 轴的强度校核计算	199
10.6 轴的刚度计算	203
思考题与习题	208

第 11 章 滚动轴承

11.1 滚动轴承的构造的特点	209
11.2 滚动轴承的类型和选择	210
11.3 滚动轴承代号	212
11.4 滚动轴承的失效形式和计算准则	216
11.5 滚动轴承的寿命计算	217
11.6 滚动轴承的静强度计算	223
11.7 滚动轴承的极限转速	224
11.8 滚动轴承部件结构设计	225
11.9 减速器输出轴部件设计	230
思考题与习题	236

第 12 章 滑动轴承

12.1 概述	238
12.2 滑动轴承的结构形式	239
12.3 轴瓦的材料和结构	241
12.4 非液体摩擦滑动轴承的计算	246
12.5 液体动压形成原理及基本方程	248
12.6 液体动压径向滑动轴承的计算	251

12.7 其他形式滑动轴承简介	261
12.8 滑动轴承用润滑剂与润滑装置	265
思考题与习题	269
第 13 章 联轴器 离合器 制动器	
13.1 概述	270
13.2 联轴器	271
13.3 离合器	276
13.4* 制动器	281
思考题与习题	283
第 14 章 弹簧	
14.1 概述	284
14.2 弹簧的材料、许用应力及制造	284
14.3 圆柱压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计计算	289
14.4 受交变载荷的弹簧设计	297
思考题与习题	299
第 15 章 机架零件	
15.1 概述	300
15.2 计算载荷、剖面形状及壁厚	301
15.3 机架零件的结构设计	303
思考题	306
第 16 章 机械系统设计	
16.1 机械系统设计的任务和目标	307
16.2 常用动力机械的特性及其选配	311
16.3 执行机构及其创新设计	316
16.4 传动子系统的方案设计及其评价	319
16.5 机械系统的匹配性设计	321
16.6 机械系统的总体布置	325
思考题与习题	327
附录 机械设计常用中英文词汇表	328
参考文献	338

第1章

绪论

内容提要 本章主要介绍本课程的学习内容、性质和任务,并结合课程的特点介绍学习本课程的一般方法。学习本章的重点是了解本课程的性质、特点和学习方法。

Abstract This chapter covers the topics of contents, natures and tasks included in the course of Machine Design, and introduces the learning methods based on the course characteristics. The main points are the knowledge of the course natures, features and learning methods that the students should understand.

1.1 机械的组成及本课程研究的对象

人类在生产劳动中,创造出了各种各样的机械设备,如机床、汽车、起重机、运输机、自动生产线、机器人等。机械既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产大大提高劳动生产率和产品质量,同时还便于集中进行社会化大生产。因此,生产的机械化和自动化已成为反映当今社会生产力发展水平的重要标志。改革开放以来,我国社会主义现代化建设在各个方面都取得了长足的发展,国民经济的各个生产部门迫切要求实现机械化和自动化。我国的机械产品正面临着更新换代的局面,要求上质量、上水平和上品种。这一切都对机械工业和机械设计工作者提出了更新、更高的要求。而本课程就是为培养机械工程师而设置的一门重要课程。随着国民经济的进一步发展,本课程在社会主义建设中的地位 and 作用将日益显得更加重要。

1.1.1 机械的组成

生产和生活中的各种各样机械设备,尽管它们的构造、用途和性能千差万别,但一般都是由原动机、传动装置、工作机(或执行机构)和控制系统四大基本部分组成的,有的复杂机器还有辅助系统。例如,图1.1所示的带式运输机就是由电动机(原动机),V带传动、齿轮传动及联轴器(传动装置),卷筒、输送带(工作机)和控制系统所组成。

原动机是机械设备完成其工作任务的动力来源,最常用的是各类电动机;传动装置是将原动机的运动和动力传递给工作机的装置;工作机则是

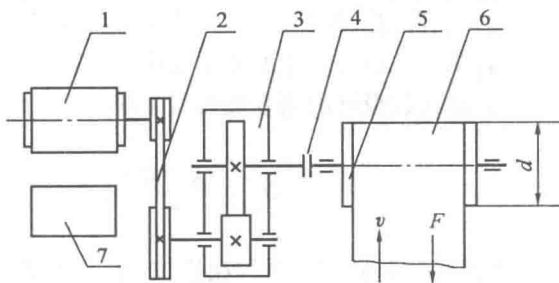


图 1.1 带式运输机

- 1—电动机;2—V带传动;3—齿轮传动;4—联轴器;
5—卷筒;6—输送带;7—控制系统

直接完成生产任务的执行装置,其结构形式取决于机械设备本身的用途;而控制系统是根据机械系统的不同工况对原动机、传动装置和工作机实施控制的装置。

从制造和装配方面来分析,任何机械设备都是由许多机械零部件组成的。机械零件是机械制造过程中不可分拆的最小单元,而机械部件则是机械制造过程中为完成同一目的而由若干协同工作的零件组合在一起的组合体。凡在各类机械中经常被用到的零部件称为通用零部件,例如,螺栓、齿轮、轴、滚动轴承、联轴器、减速器等;而只有在特定类型的机械中才能用到的零部件称为专用零部件,例如,涡轮机上的叶片、往复活塞内燃机的曲轴、飞机的起落架、机床的变速箱等。

1.1.2 本课程研究的对象

本课程主要从研究一般机械传动装置的设计出发,研究机械中具有一般工作条件和常用参数范围内的通用机械零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论和设计计算方法。

1.2 本课程的性质、地位和任务

本课程是一门设计性的技术基础课。它综合运用工程图学、工程力学、金属工艺学、机械工程材料与热处理、互换性与测量技术基础和机械原理等先修课程的知识及生产实践经验,解决通用机械零部件的设计问题,使学生在设计一般机械传动装置或其他简单的机械方面得到初步训练,为学生进一步学习专业课程和今后从事机械设计工作打下基础。因此,本课程在机械类及近机械类专业教学计划中具有承前启后的重要作用,是一门主干课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- (1)初步树立正确的设计思想。
- (2)掌握设计或选用通用机械零部件的基本知识、基本理论和方法,了解机械设计的一般规律,具有设计一般机械传动装置和一般机械的能力,具有一定的工程意识和创新能力。
- (3)具有计算、绘图、查阅与运用有关技术资料的能力。
- (4)掌握本课程实验的基本知识,获得实验技能的基本训练。
- (5)对机械设计的新发展有所了解。

1.3 本课程的特点和学习方法

本课程和基础理论课程相比较,是一门综合性、实践性很强的设计性课程。因此,学生在学习时必须掌握本课程的特点,在学习方法上应尽快完成由单科向综合、由抽象向具体、由理论到实践的思维方式的转变。通常在学习本课程时应注意以下几点:

(1)理论联系实际。本课程研究的对象是各种机械设备中的通用零部件,只有从整台机械设备分析入手,才能设计出满足实际要求的机械零部件,才能设计出性能优异的机械

设备。因此,无论是学习课程还是进行机械设计,都必须了解机械的工作条件和要求,从方案选择、参数选择到结构设计都要联系实际。

(2)抓住设计这条主线,掌握机械零部件的设计规律。本课程的内容看似杂乱无章,不同的机械零部件,在工作原理、材料、结构特点、载荷与应力、失效形式与设计准则等方面都有很大的差异,但是在设计时却都遵循相同的设计规律。只要抓住设计这条主线,就能把本课程的各章内容贯串起来。因此,学习本课程时一定要抓住设计这条主线,熟练掌握设计机械零部件的一般规律。一般情况下,设计程序和要考虑的问题是:

- ① 研究设计零部件的工作原理、类型、特点及其适用场合;
- ② 对零部件的工作情况进行分析,如受力分析、应力分析等;
- ③ 研究零部件的失效形式和防止发生失效的设计计算准则,并导出相应的设计计算公式或校核计算公式;
- ④ 选择合适的材料及热处理方式,确定材料的机械性能(主要是许用应力);
- ⑤ 按设计公式确定该零部件的主要几何参数和尺寸,或按校核公式校核已经确定的几何参数和尺寸是否满足设计计算准则(主要是强度条件);
- ⑥ 进行零部件的结构设计,绘制零、部件工作图。

(3)努力培养解决工程实际问题的能力。多因素的分析、设计参数多方案的选择、经验公式或经验数据的选用及结构设计,这些都是解决工程实际问题中经常遇到的,也是学生在学习本课程中的难点。因此,在学习本课程时,一定要尽快适应这种情况,按解决工程实际问题的思维方法,努力培养自己的机械设计能力,特别要注意确立不断修改、逐步完善的设计思路。例如,按齿面接触疲劳强度设计直齿圆柱齿轮传动时,算出小齿轮分度圆直径 $d_1 = 37.5 \text{ mm}$, 而 $d_1 = mZ_1$, 若初选齿数 $Z_1 = 21$, 则模数 $m = d_1/Z_1 = 37.5/21 = 1.78 \text{ mm}$, 圆整为标准模数, $m = 2.0 \text{ mm}$, 这时 $d_1 = mZ_1 = 2 \times 21 = 42 \text{ mm} > 37.5 \text{ mm}$, 显然满足强度条件要求,但是传动尺寸却增大了,传动装置的成本也提高了,可见初选的齿数不合适。应将 Z_1 减小(但 $Z_1 \geq Z_{\min}$), 使计算出的模数值接近于2。故重取 $Z_1 = 19$, $m = 37.5/19 = 1.97 \text{ mm}$, 圆整为 $m = 2.0 \text{ mm}$, 则 $d_1 = mZ_1 = 2 \times 19 = 38 \text{ mm}$, 此数值既大于 37.5 mm , 又接近于 37.5 mm , 这样的设计才合理。此外,还要注重培养结构设计能力,这就要求学生要多看(机械实物或模型)、多想、多问、多练,逐步积累结构设计知识,不断提高结构设计能力。

(4)综合运用先修课程的知识,解决工程实际问题。本课程讲授的各种零部件设计,从分析研究到设计计算,直至完成零部件工作图,都要用到多门先修课程的知识。因此,在学习本课程时,必须及时复习先修课程的有关内容,做到融会贯通、综合应用。

第2章

机械及机械零件的设计基础

内容提要 本章从整机设计的总要求出发,重点介绍了机械及机械零件设计的一些共性问题。这些问题主要有:设计机械时应满足的基本要求和一般步骤、机械零件的载荷和应力、机械零件的材料和结构工艺性、机械设计中的标准化等。

Abstract In this chapter, the common problems encountered in designing a machine and machine components are introduced according to the general design requirements of a mechanical system. These problems consist of the basic requirements and general procedures in designing, load and stress analyses of machine components, materials and technical feasibility of designed structures, standardization in machine design and so on.

2.1 设计机械时应满足的基本要求和一般步骤

2.1.1 设计机械时应满足的基本要求

根据生产及生活的需要不同,设计的机械种类也不同,但设计时应满足的基本要求却往往是相同的,这些基本要求是:

1. 使用功能要求

就是要求所设计的机械应具有预定的使用功能,既能保证执行机构实现所需的运动,又能保证组成机械的零部件工作可靠,有适当的使用寿命,而且使用、维修方便。这是机械设计的基本要求。

2. 工艺性要求

所设计的机械无论总体方案还是各部分结构方案,在满足使用功能要求的前提下,应尽量简单、实用,在毛坯制造、机械加工与热处理、装配、维修诸方面都具有良好的工艺性,合理选用材料,尽可能选用标准件。

3. 经济性要求

经济性要求是一个综合指标,它体现于机械的设计、制造及使用的全过程中。因此,设计机械时,应全面综合考虑。

提高设计、制造经济性的措施主要有:制订机械合理的总体方案,并运用现代设计方法,使设计参数最优化;推广标准化、通用化和系列化;采用新工艺、新材料、新结构;改善零部件的结构工艺性等。

提高使用经济性的措施主要有:选用效率高的传动系统和支承装置,以降低能源消耗;提高机械生产的机械化和自动化水平,以提高生产率;采用适当的防护及润滑,以延长机械的使用寿命等。

4. 其他要求

例如,劳动保护的要求(应使机械的操作方便、安全,应使操作者和机械有良好的工作环境),便于装拆、运输的要求,长期保持工作精度的要求等。

2.1.2 设计机械的一般步骤

设计机械时,应按实际情况确定设计方法和步骤,但一台新的机械设备从确定设计任务书到形成产品,基本上都要经过以下几个阶段:

1. 计划阶段

计划阶段的任务是在调查研究的基础上,根据生产或生活的需要,制定出设计对象的功能要求、主要技术指标和限制条件,完成设计任务书。它是进行设计、调试和验收机械的主要依据。

2. 方案设计阶段

在这一阶段中,充分体现了机械设计具有多个解(方案)的特点,设计者要根据设计任务书的要求,本着技术先进、使用可靠、经济合理的原则,拟定几种不同的原理设计方案——原理图或机构运动简图,并从技术方面和经济方面进行综合评价,从中选出最佳方案。

设计者一定要正确处理继承与创新的关系,同类机械成功的经验应当继承,原先薄弱环节及不符合现有任务要求的部分,应当改进或做根本性改变。

3. 技术设计阶段

技术设计阶段的任务主要是:

(1)通过对机械所进行的运动学、动力学分析计算和零部件的工作能力设计,确定主要零部件的基本尺寸。

(2)根据已确定的结构方案和主要零部件的基本尺寸,设计机械的装配工作图和零件工作图。

在这一阶段中,设计者既要重视理论设计计算,更要注重结构设计。

4. 技术文件编制阶段

在完成技术设计后,应编制技术文件,主要有:设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。这些是对机械进行生产、检验、安装、调试、运行、维护的依据。

5. 技术审定和产品鉴定阶段

组织专家和有关部门对设计资料进行审定,认可后即可进行样机试制,样机运行后再进行鉴定,考核样机的性能是否符合设计任务书的各项规定。鉴定通过后,经过小批量生产,在进一步考察的基础上改进原设计,定型后,即可根据市场需求量大小决定是否批量生产。

完成以上五个阶段的任务,机械设计工作才告一段落。

2.2 机械零件的载荷和应力

2.2.1 载荷

1. 静载荷与变载荷

作用在机械零件上的载荷,按它的大小和方向是否随时间变化分为静载荷与变载荷

两类。不随时间变化或变化缓慢的载荷,称为静载荷,如物体重力;随时间作周期性变化或非周期性变化的载荷称为变载荷,前者如内燃机等往复式动力机械的曲轴所受的载荷,后者如承受车身质量的悬挂弹簧所受的载荷。

2. 名义载荷与计算载荷

根据原动机或工作机的额定功率计算出的作用于机械零件上的载荷,称为名义载荷。它是机器在平稳工作条件下作用在机械零件上的载荷,它没有反映载荷的不均匀性和其他影响零件受载的因素。在设计计算时,常用载荷系数 K 来考虑这些因素的综合作用。载荷系数 K 与名义载荷 F 的乘积称为计算载荷 F_{ca} ,即

$$F_{ca} = KF \quad (2.1)$$

2.2.2 应力

1. 静应力与变应力

大小和方向不随时间变化或变化缓慢的应力,称为静应力(图 2.1(a))。零件在静应力作用下可能产生断裂或塑性变形。

大小和方向随时间变化的应力,称为变应力(图 2.1(b))。变应力可以由变载荷产生,也可以由静载荷产生,例如,在静载荷作用下的转轴中的应力。零件在变应力作用下可能产生疲劳破坏。表征变应力的基本参数有:最大应力 σ_{\max} 、最小应力 σ_{\min} 、平均应力 σ_m 、应力幅 σ_a 和循环特征 r ,共 5 个参数。其中, $\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$, $\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$, $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$, 因而独立的参数只能有 2 个。

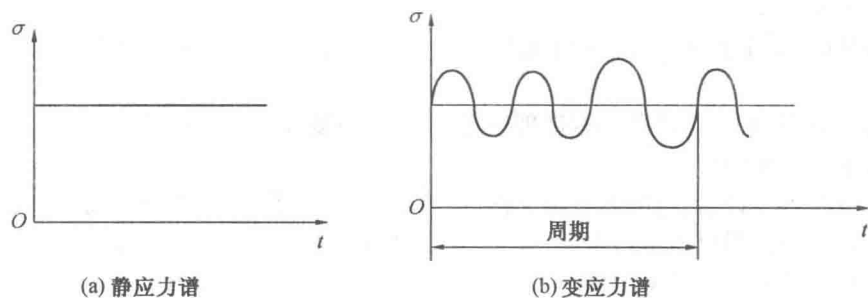


图 2.1 应力谱

周期、应力幅和平均应力保持常数的变应力,称为稳定循环变应力(图 2.2)。按其循环特征 r 的不同,可分为对称循环变应力、脉动循环变应力和非对称循环变应力三种。它们的变化规律见表 2.1。

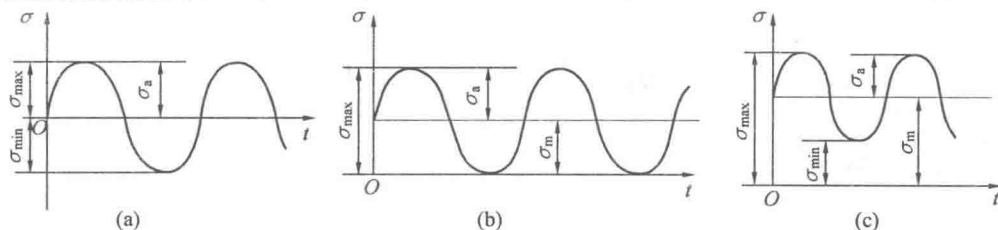


图 2.2 稳定循环变应力谱