

唐金松 主编

机械设计



上海科学技术出版社

机 械 设 计

唐金松 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书根据国家教委1987年颁发的机械设计(原机械零件)课程教学基本要求,并结合华东地区部分高等工科院校近年来的教学实践经验编写而成。

全书分5篇共20章;第1篇总论;第2篇联接;第3篇机械传动;第4篇轴、轴承、联轴器和离合器;第5篇其他零件。

本书可作为高等工科院校机械类专业机械设计课程的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

机 械 设 计

唐金松 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 常熟市第六印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24.75 字数 595,000

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

印数 1—7,400

ISBN7-5323-3618-2/TH·68

定价: 16.90元

(沪)新登字108号

前 言

华东地区机械设计教学研究会为贯彻国家教育委员会 1987 年颁发的机械设计(原机械零件)课程教学基本要求,交流、总结本地区高等工科院校机械设计课程的教学经验和提高教学质量,组织了本书的编写。

本书是根据机械设计课程教学基本要求,并结合华东地区部分高等工科院校执行基本要求和教学改革实践的经验编写而成的。编写时力图贯彻“打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学”和“少而精”的原则。编写内容的处理着重于基本知识、基本理论和基本方法的阐述,并注意到设计构思和设计技能的分析。此外,在保证基本内容的前提下,适量介绍了本学科内的某些新成果和新发展,以利于扩大学生的视野。

本书中的计量单位采用我国的法定计量单位。书中引用的有关标准均采用迄今为止最新颁布的国家标准。

本书由上海工业大学唐金松担任主编。参加本书编写的有:江苏理工大学(鲍庆惠,朱美琪)、浙江工学院(姜荣恂,孙风珍)、山东工业大学(陈举华,黄珊秋)、同济大学(汪信远,朱家玮,陈祝林)和上海工业大学(唐金松,孙文英,傅燕鸣)。具体分工是:唐金松—第 1、2、11 章;姜荣恂—第 3、8、9 章;鲍庆惠—第 4、15 章;黄珊秋—第 5、17 章;陈举华—第 6 章;孙风珍—第 7、14 章;汪信远—第 10 章;朱家玮—第 12 章;陈祝林—第 13 章;孙文英—第 16 章;朱美琪—第 18 章;傅燕鸣—第 19、20 章。

上海交通大学沈继飞教授对本书进行了全面审阅,提出了许多宝贵的意见,对提高本书的质量帮助很大,谨致深切的谢意。

本书编写过程中,参阅和引用了部分院校的教材和有关机械设计手册等中的资料,谨向它们的作者表示谢意。

由于编者水平所限,书中一定存在不少缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1993 年 12 月

目 录

第1篇 总 论

第1章 绪论	1
1-1 机械设计的重要性	1
1-2 本课程的内容、性质和任务	1
第2章 机械设计总论	3
2-1 设计机器时应满足的基本要求	3
2-2 机械设计的一般程序	4
2-3 机械零件的失效形式	5
2-4 设计机械零件时应满足的基本要求	6
2-5 机械零件的设计方法和一般步骤	7
2-6 机械零件现代设计方法简介	8
第3章 机械零件的强度	13
3-1 强度计算中的载荷与应力	13
3-2 机械零件的强度及安全系数	14
3-3 机械零件的静强度计算	15
3-4 疲劳曲线及极限应力线图	16
3-5 影响机械零件疲劳强度的因素	19
3-6 稳定变应力下机械零件的疲劳强度	20
3-7 非稳定变应力下机械零件的疲劳强度	26
3-8 机械零件的接触强度	30
附录	31
第4章 摩擦、磨损和润滑	37
4-1 摩擦	37
4-2 磨损	41
4-3 润滑	44
第5章 机械零件的常用材料和结构工艺性	53
5-1 机械零件的常用材料	53
5-2 材料的选择原则	54
5-3 机械零件的结构工艺性	56

第 2 篇 联 接

第 6 章 螺纹联接	65
6-1 螺纹联接的基本类型和螺纹紧固件	65
6-2 螺栓联接的拧紧和防松	67
6-3 螺栓组联接的受力分析	73
6-4 螺栓联接的强度计算	78
6-5 提高螺栓联接强度的措施	88
6-6 螺旋传动	95
第 7 章 键、花键、销和型面联接	105
7-1 键联接	105
7-2 花键联接	110
7-3 销联接	111
7-4 型面联接	113
第 8 章 过盈联接	114
8-1 概述	114
8-2 圆柱面过盈联接的设计计算	115
8-3 圆锥面过盈联接	120
8-4 胀紧联接套联接	121
第 9 章 焊接与胶接	123
9-1 焊接	123
9-2 胶接	130

第 3 篇 传 动

第 10 章 带传动	138
10-1 概述	138
10-2 V 带和平带	140
10-3 带传动的工作情况分析	144
10-4 普通 V 带传动设计	148
10-5 普通 V 带轮设计	157
10-6 带传动的张紧装置	159
10-7 高速带传动	161
10-8 同步带传动	162
第 11 章 齿轮传动	163
11-1 概述	163

11-2	齿轮传动的主要参数、几何计算和制造精度	163
11-3	轮齿失效形式和承载能力计算准则	169
11-4	齿轮的常用材料和热处理	171
11-5	轮齿的受力分析和计算载荷	176
11-6	直齿圆柱齿轮传动的承载能力计算	183
11-7	斜齿圆柱齿轮传动的承载能力计算	193
11-8	直齿圆锥齿轮传动的承载能力计算	195
11-9	齿轮结构设计	197
11-10	齿轮传动的润滑	200
11-11	圆弧齿圆柱齿轮传动简介	207
第 12 章	蜗杆传动	209
12-1	概述	209
12-2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何计算	211
12-3	圆柱蜗杆传动工作情况分析	215
12-4	蜗杆传动的失效、工作能力计算准则和材料	217
12-5	普通圆柱蜗杆传动的承载能力计算	219
12-6	蜗杆传动的效率和热平衡计算	222
12-7	蜗杆传动的润滑	224
12-8	蜗杆和蜗轮的结构设计	225
12-9	其他蜗杆传动简介	226
第 13 章	链传动	230
13-1	概述	230
13-2	传动链的结构和规格	231
13-3	链轮的结构和材料	233
13-4	链传动的运动特性	235
13-5	链传动的受力分析	238
13-6	链传动的设计计算	238
13-7	链传动的布置、张紧和润滑	243
第 4 篇 轴、轴承、联轴器和离合器		
第 14 章	轴	248
14-1	概述	248
14-2	轴的结构设计	249
14-3	轴的强度计算	254
14-4	轴的刚度计算	262
14-5	轴的振动稳定性	265
14-6	软轴简介	267

第 15 章 滑动轴承	269
15-1 概述	269
15-2 普通滑动轴承的典型结构	269
15-3 轴瓦	272
15-4 滑动轴承的润滑剂及供油方法	277
15-5 不完全液体摩擦滑动轴承的计算	279
15-6 液体动压润滑向心滑动轴承的计算	280
15-7 液体静压润滑轴承简介	289
15-8 气体轴承简介	290

第 16 章 滚动轴承	291
16-1 概述	291
16-2 滚动轴承的类型、特点和应用	292
16-3 滚动轴承的代号	292
16-4 滚动轴承的载荷分布和失效形式	297
16-5 滚动轴承类型和精度的选择	299
16-6 滚动轴承尺寸的选择	300
16-7 滚动轴承的组合结构设计	315

第 17 章 联轴器和离合器	324
17-1 概述	324
17-2 联轴器	324
17-3 离合器	336

第 5 篇 其他零件

第 18 章 弹簧	347
18-1 弹簧的功用和类型	347
18-2 弹簧的制造、材料和许用应力	347
18-3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计与计算	350
18-4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计与计算	362
18-5 其他弹簧简介	363

第 19 章 减速器	367
19-1 减速器的主要型式、特点和应用	367
19-2 减速器的主要参数	370
19-3 减速器的结构	372
19-4 减速器的润滑	374

第 20 章 机械无级变速器	377
-----------------------	-----

20-1 机械无级变速器的工作原理和基本性能	377
20-2 常用机械无级变速器	379
20-3 机械无级变速器的选用	384
主要参考文献	386

第 1 篇 总 论

第 1 章 绪 论

1-1 机械设计的重要性

机械工业担负着为工业、农业、商业、国防工业及社会生活各个方面提供技术装备的重要任务。机械工业的产品主要包括机床、动力机械、冶金设备、矿山机械、化工机械及农业机械等。随着社会主义市场经济的发展,国民经济各部门日益迫切要求机械工业为其提供各种结构先进、性能优良、价格低廉、使用方便和安全可靠的机械产品。显然,机械工业的发展水平标志着国民经济的现代化程度和发展水平。

任何机械产品或设备的开发和生产都必须首先进行设计。机械设计是根据机械产品的工作要求,设法实现其预定功能的创造性工作。它是机械产品开发和生产过程中的首要工作环节。机械设计的水平将直接影响并决定机械产品的技术水平、使用性能、成本和企业的经济效益。如果机械产品的设计水平不高,即使经过精心制造,其技术经济指标也不可能很高,并必将影响产品的市场竞争能力。有关统计资料表明,产品成本的70%~80%决定于产品及其工艺装备的设计。可见,不断提高机械设计水平对于机械工业和国民经济的发展都具有十分重要的意义。

1-2 本课程的内容、性质和任务

机械是各种机器和机构的总称。机械通常也可作为机器的同义词。机器是用来转换或利用机械能进行生产以减轻劳动强度和提高生产率的工具。通常可把机器分为原动机和工作机两大类。原动机用以把自然界的能或其他非机械能转变为机械能,如内燃机、电动机等。工作机则接受机械能,以完成生产过程,如机床、起重运输机械、冶金机械等。其他如人们日常生活中使用的缝纫机、自行车等也是工作机。

任何机械都是由一系列机械零件(简称零件)组成的。所以机械零件是机械的基本组成单元。此外,一些机械中经常会用到为实现某一功能要求而由多个基本组成单元组成的独立装配的组合件,这种组合件称为部件,如联轴器、减速器等。

机械零件通常可分为两大类:一类是在各种机械中普遍得到应用的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮、轴承等;另一类是只用于某些专业机械的零件,称作专用零件,如内燃机的曲轴、汽轮机的叶片等。本课程只研究在普通工作条件下工作的通用零件的基本设计理论和计算方法,其具体内容如下:

1. 机械设计总论

机械设计的基本要求、一般程序,机械零件的设计方法和一般步骤,机械零件的材料和

结构工艺性,以及摩擦、磨损和润滑等基本知识。

2. 联接零件设计

螺纹联接、键及花键联接、过盈联接、焊接和胶接设计。

3. 传动零件设计

带传动、齿轮传动、蜗杆传动、链传动和螺旋传动设计。

4. 轴系零件设计

轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器设计。

5. 其他零件设计

弹簧、减速器、无级变速器设计。

由上述内容可见,本课程的性质是以讨论通用零件的设计理论和计算方法为主的设计性课程,是培养学生机械设计能力的技术基础课,它将综合运用理论力学、材料力学、机械原理、互换性及技术测量、金属学及热处理、机械制造基础等先修课程的知识,分析研究通用零件的设计,并为学习后续的有关专业课程打下基础。

通过本课程的学习,可以使学生在下列几方面得到培养:

(1) 掌握通用零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有设计一般机械装置的能力;

(2) 树立正确的设计思想,并了解国家当前的有关技术经济政策;

(3) 具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力;

(4) 掌握典型机械零件的实验方法,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。

本课程的内容、性质和任务与过去所学的理论性课程不同,它是理论与实践紧密结合,实践性很强的设计性课程。因此,在学习过程中,要注意综合运用各门先修课程的知识,理论联系实际,提高分析和解决机械设计实际问题的能力。

第2章 机械设计总论

2-1 设计机器时应满足的基本要求

一般来说,设计机器时应满足如下基本要求:

1. 功能要求

所设计的机器应能实现预定的使用功能,最大限度地满足用户的生产和使用要求。

2. 经济性要求

所谓经济性,除应考虑所设计的机器本身的制造成本外,还应考虑机器的使用经济性。例如机器的零部件应结构合理、减少加工工时、节约原材料,零部件应最大限度地满足标准化、系列化、通用化要求等,以降低制造成本。机器应具有较高的生产率,效率高、能耗少,维修方便,维护费用少,以提高使用经济性。经济性好的机器才有较强的市场竞争能力。

3. 可靠性要求

机器应能在规定的使用条件下和规定的使用期限内正常工作而不致丧失规定的功能。机器的高可靠性的获得有赖于周密的设计和完善的制造工艺。

4. 人机工程和造型设计要求

人机工程主要研究人与机器间的相互关系。机器的设计应符合人机工程的要求,例如机器的高度、操作件的部位、尺寸应与人体协调,使操作方便、省力、安全;又如仪表或操作指示装置应位于醒目的部位,易于观察。机器的造型设计要求在满足机器功能要求的前提下,使外形匀称协调。机器总体及其零部件的色彩要与它们的功能相协调。例如起重机应采用较醒目的色彩以引人注目;机器中的手柄、手轮等操作件的色彩应与机器的其他部份有所区别以便于辨别等。机器的色彩还应符合美学原则,给人以舒适和美感。

5. 标准化、系列化和通用化

设计机器时,对于不同类型、不同规格的各种机器,其中有相当多的零部件是相同的,应将这些零部件加以标准化,并按尺寸分档加以系列化,以较少的品种规格满足广泛的需要。通用化是指系列之内或跨系列的产品之间尽量采用同一结构和尺寸的零部件,此减少企业内部的零部件种数,最大限度地满足通用互换要求。系列化和通用化是广义的标准化。设计时遵守标准化原则,有利于减少设计工作量,简化生产和管理,提高产品质量,便于使用和维修,提高经济效益。

6. 其他要求

对于不同的机器,往往还会有一些特定的要求。例如对于重型机械,设计时应考虑其安装、拆卸和运输方便。噪声会影响人体健康,设计机器时,特别是高速回转的机械,应考虑运转稳定性,最大限度地降低噪声。设计机器时还应考虑防止润滑油渗漏,有的机器设计时要特别注意严禁废气、废液等有害有毒介质的渗漏,对这些机器的密封要求特别高,以防止环境污染,改善生产环境。有的机器设计时要考虑设置安全保护装置和报警装置。

显然,机器应满足的各项要求,大多需由组成机器单元的机械零部件的正确设计和制造来保证。也就是说,机械零件的设计和制造质量对机器的技术性能水平具有决定性的影响。

2-2 机械设计的一般程序

机械设计是机械产品开发和生产的首要工作。在设计阶段,应将机器的功能、工作原理、结构、零部件设计,甚至制造和装配工艺都确定下来。机器的性能、质量、成本及其市场竞争能力基本上决定于设计。任何机械产品的设计,其结果不可能是唯一的,而是多种多样的,关键在于寻求最优的设计方案。为了实现这一目标,设计时应进行广泛的调查研究,充分利用当代最新科技成果并发挥创造性,同时还必须注意与生产实际相结合。一个好的产品常需经历设计、样机试制和试验研究的反复过程,经过不断完善和提高,才能获得最优设计。一般来说,设计机械产品时,大体应经历市场预测、方案设计、技术设计三个阶段。

一、市场预测

在产品的设计之前,必须对市场情况进行广泛深入的调查研究,了解社会的需求,预测产品投入市场后的竞争能力。在此基础上作出决策,提出设计任务书。设计任务书中要说明所设计产品的功能、用途和特点,并据以规定生产率、外形尺寸、重量、驱动能量、能耗量、可靠性、使用寿命和生产成本等指标。

二、方案设计

方案设计的主要工作是按设计任务书对所设计机器提出的要求进行功能分析,提出能满足功能要求的多种方案,进行分析比较,经评价、决策后,选定其中的最优方案。

所谓功能分析,就是对设计任务书中提出的所设计机器的功能要求进行综合分析,研究其能否实现和用什么方法实现,实现的难易程度,总功能能否分解为多项子功能来实现,确定各子功能间的相互联系或约束条件(即功能综合),以及功能参数等。

评价就是对所提出的各种方案的价值进行比较和评定。评价应从技术评价、经济评价和社会评价三方面进行。技术评价是指评价所提出的方案在技术上是否可行和是否先进,其中主要是对工作性能、可靠性、使用维护性等进行评价。经济评价是指评价所提方案的经济效益,包括成本、利润以及投资的回收期等。社会评价是指评价所提方案在实施后对社会带来的利益和影响,包括是否符合国家科技发展政策,是否污染环境,是否有利于资源开发和新能源的利用等。

常用的评价方法有经验评价法、数学分析法、试验评价法三类。当设计方案不多,问题不太复杂时,可以根据评价者的经验,对方案作粗略的定性评价。例如可采用淘汰法,直接去除不能达到主要目标要求的方案。数学分析法是运用数学工具进行分析、推导和计算,得出定量的评价参数,供决策者参考。这类评价方法应用最为广泛,其中最常用的有排队计分法、评分法、技术经济评价法及模糊评价法等。试验评价法用于比较重要的设计,可通过模拟试验或样机试验对方案作出评价。这种方法得到的评价参数准确,但费用较高。

决策是指通过评价筛选出符合目标要求的最优方案,作为技术设计的依据。由于产品

的性能和成本往往主要决定于方案设计阶段,所以方案的合理决策是设计过程的重要环节。决策时应充分考虑保证功能、提高性能、降低成本这三方面的要求。

三、技术设计

技术设计是将所选定的设计方案予以具体化,主要是拟定设计对象的总体、部件和零件的结构,画出总装配图、部件装配图及零件图等。其主要工作内容如下:

(1) 根据选定的设计方案,构思总体布局、各部件和主要零件的布置、外形及其大致尺寸等。

(2) 根据工作载荷和速度计算驱动功率,据此并结合工作场所选定原动机,确定原动机的功率、转速等参数。

(3) 根据运动学计算确定各运动件的转速、线速度及加速度等运动参数。

(4) 根据动力学计算确定各主要零件所受的载荷,包括载荷种类、大小、方向和性质等。

(5) 根据强度、刚度、振动稳定性或使用寿命等计算准则,初步计算主要零、部件的主要尺寸。

(6) 根据总体布局及初步计算的零、部件尺寸绘制总装配草图和部件装配草图,此处应协调好各零、部件的结构、尺寸与装配关系等。

(7) 根据草图中的有关尺寸,再进一步作运动学和动力学计算,精确确定运动学和动力学参数,并进一步校核确定零、部件的主要尺寸。

(8) 根据草图和已确定的零、部件主要尺寸,重新绘制总装配图和部件装配图。这时,机器的总体布置、各零、部件的位置、结构、尺寸、装配关系等均最后确定下来。

(9) 根据总装配图或部件装配图,绘制零件图,无遗漏地定出零件的每一个尺寸,定出加工精度和公差、表面粗糙度和有关技术条件等。绘制零件图时要充分考虑零件的加工和装配工艺性,以及零件的检验方法等。所以这一工作又称为零件的施工图设计。

上列工作程序并不是一成不变的,常需反复交叉进行。例如完成零件图后,有时还需反过来修改总装配图和部件装配图。此外,在整个设计过程中,还需作必要的技术经济分析。例如当总装配草图或部件装配草图完成后,需对其总体或其中的某些关键性零件、或尺寸重量大、结构复杂的零件,进行必要的技术经济分析,并据此修改设计,以提高其技术经济指标。设计完成后,还需进行标准化审查和编写各种技术文件,如计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。

广义地讲,设计工作的内容还可延伸到样机试制和试生产。当根据设计图纸制出样机后,应进行试验,对其性能参数进行测定,并进行技术经济分析和评价。在此基础上进一步改进设计后,投入小批量试生产。小批量生产的产品投放市场后,还应根据用户反馈的意见进一步改进设计。

2-3 机械零件的失效形式

机械零件由于某种原因而丧失工作能力,或虽能工作但不能达到预定的功能要求,称为失效。例如齿轮轮齿的断裂,滑动轴承轴瓦的过度磨损等。机械零件在机器中因所受载荷和工作条件的不同,失效的形式也不同。机械零件的失效形式主要有下列几类。

1. 断裂

机械零件工作时,当其危险剖面上的静应力超过零件材料的强度极限时,或当危险剖面上的变应力超过零件材料的疲劳极限时,都将使零件断裂。前者属静强度断裂,后者属疲劳断裂。

机械零件的断裂是最严重的失效形式,有时会导致发生设备事故和人身事故。

2. 过大的变形

当零件在载荷作用下产生的弹性变形过大时,会影响零件的正常工作。例如齿轮轴的弯曲变形过大时会影响轮齿的载荷分布,机床主轴弯曲变形过大时会降低被加工零件的精度。当零件受载后其应力超过材料的屈服极限时,将使零件产生塑性变形,改变零件的形状和尺寸,影响零、部件间的相对位置和正常配合,破坏正常工作。

3. 表面损伤

表面损伤主要是零件表面的磨损、接触疲劳和腐蚀等。磨损将导致零件尺寸变化、配合间隙增大等,使零件失效。接触疲劳是指零件表面因接触变应力重复作用而产生的微粒剥落,使零件的正常工作表面遭到破坏。腐蚀是因环境介质的影响而在金属表面发生的化学或电化学侵蚀现象,其结果也使零件表面遭到破坏。

除上列三类主要失效形式外,对于某些零件来说则是因其工作条件遭到破坏而导致失效。例如依靠摩擦而工作的带传动,当传递的圆周力超过传动的临界摩擦力时,传动打滑,正常工作条件遭到破坏,带传动即失败。又如液体润滑滑动轴承,当不能保证其最小油膜厚度这一工作条件时,该滑动轴承即失效。

零件究竟发生何种失效形式,取决于零件的工作条件、载荷、材料等一系列因素。

2-4 设计机械零件时应满足的基本要求

为了保证机器工作可靠和具有优良的技术经济性能,设计机械零件时应满足下列基本要求。

一、工作能力

保证机械零件正常工作而不发生失效的工作参数极限值称为工作能力。工作能力有时也称为承载能力,通常可用载荷、功率、压强、变形或寿命等参数来表示。为了保证零件的工作能力,主要应满足强度、刚度和耐磨性等要求。

1. 强度

机械零件的强度是抵抗断裂或塑性变形的能力。这是设计机械零件时的最基本的要求。为了保证零件的强度,应使零件的危险剖面具有足够的尺寸和合理的几何形状,以降低工作应力;应当合理选择材料和热处理方法,保证具有必要的机械性能;总体设计时应考虑合理配置零件的位置等以减小零件的载荷和应力。

机械零件的疲劳破坏还与应力循环次数或工作期限有关,为了延长零件的工作期限(使用寿命),设计会发生疲劳破坏的机械零件时应从减小应力集中、提高表面质量等方面着手提高疲劳强度。

2. 刚度

机械零件的刚度是指其抵抗弹性变形的能力。对于弹性变形过大会影响正常工作的零件,应当提出刚度要求。为了保证零件的刚度,应使零件具有合理的剖面形状和足够的尺寸,缩短支承跨距。

3. 耐磨性

具有相对运动的机械零件的磨损量随工作时间而增大,所以其使用寿命取决于耐磨性。为了提高零件的耐磨性,应设法减小工作表面的压强及滑动速度,改善润滑状况,选用耐磨性较好的材料等。

按上列要求建立的计算条件式称为机械零件的工作能力计算准则。

二、结构工艺性

结构工艺性好的零件,其加工方便,容易获得所需的加工精度,且制造成本低。同一零件可以设计成不同的结构,它们的工艺性也就不同。零件的材料、形状、尺寸、公差、表面粗糙度和技术条件等,都将影响工艺性。设计人员应熟悉工艺,其中包括毛坯制备、切削加工、热处理、装配等工艺。零件的结构工艺性详见第5章。

三、经济性

机械零件的经济性就是在满足工作要求的前提下降低成本,就是“价廉物美”。选用合适的材料,减少材料费用;改良加工工艺,减少材料消耗;简化结构,减少加工工时等,都有利于提高零件的经济性。

四、可靠性

机械零件的可靠性是指零件在规定的工作条件下和规定的工作期限内,完成规定功能的能力,当用概率来量度这一能力时,就是可靠度。机械零件工作时,由于其载荷、速度、工作温度以及材料的机械性能都是随机变化的,所以机械零件的失效也有一定的随机性。设计时,对机械零件规定适当的可靠度,有利于保证其正常工作和提高经济性。

除上述基本要求外,对于某些零件,有时需对其提出其他相应要求。例如高速回转零件,工作时容易发生振动,当载荷作用频率与零件固有频率一致或相接近时将发生共振,导致零件破坏。振动往往又是产生噪声的根源。因此设计这类机械零件时,还要满足振动稳定性要求。又如车辆等运输机械中的零件,要求减轻重量,以降低车辆自重,提高运载量,这具有重要的经济意义。再如重型机械的大型零件,设计时要考虑便于搬运和运输,等等。

2-5 机械零件的设计方法和一般步骤

机械零件的设计方法有经验设计和理论设计两大类。

1. 经验设计

对于某些零件,人们根据长期的设计、生产和使用实践经验,经过统计分析和归纳,总结出一定的经验关系式或计算公式,按此来对零件进行设计,称为经验设计。设计人员根据其长期工作实践经验,或参照同类机器按类比方法来设计零件,也属经验设计的范畴。经验设计一般限于简单或不重要零件的设计,或用于一些复杂零件的结构尺寸的确定。

2. 理论设计

应用设计理论来对零件进行设计的方法称为理论设计。与经验设计相比,理论设计考虑问题更全面,更有科学依据。但理论设计常需以实验数据为基础,也有赖于经验。例如某些理论计算公式需由实验确定的修正系数进行修正,某些设计参数值的荐用有赖于经验的积累等。

由于理论设计方法中有时需将复杂结构的零件简化为某种简单的计算模型才能计算,这会造成一定的近似性。所以对于某些大型、结构复杂、非常重要的零件,经理论设计后,常需根据初步的理论设计结果,制成模型,进行实验研究。根据实验数据修正设计,以弥补理论设计的误差,提高可靠性。显然,这样的设计方法周期较长,所化费用也较大,只有特别重要的零件才采用这种方法。

机械零件的一般设计步骤如下:

- (1) 根据机器的工作情况及其对零件的要求,综合考虑相关类型零件的工作特性、优点和适用范围,进行对比分析后,选定零件的类型。
- (2) 根据机器的载荷,计算作用于零件的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件及要求,例如载荷的种类、大小、方向和性质、工作时是否容易磨损、对零件的尺寸要求、材料供应和价格等因素,选择合适的材料。
- (4) 根据零件的工作能力计算准则,计算零件的主要尺寸。
- (5) 根据零件的结构要求和考虑工艺性进行零件的结构设计,并绘制零件工作图。

应当指出,上列设计步骤常有必要的反复。例如当计算出零件的尺寸后,发现尺寸过大,不合机器的总体要求,这时需更换较好的材料,并重新进行计算,直至尺寸合适为止。

2-6 机械零件现代设计方法简介

近几十年来,机械零件设计理论和方法有了很大的发展。一些设计理论和方法已形成了新的学科,如可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计等。与传统的常规设计方法相比,现代设计方法考虑问题更全面、更科学、更精确,由于其中普遍应用计算机计算,其计算速度更快。

1. 机械零件的可靠性设计

机械零件的常规设计计算方法基于这样的前提,即认为机械零件的工作应力 σ 和零件材料的极限应力 σ_{lim} 都是单值的,只要满足 $\sigma < \sigma_{lim}$,零件就不会发生失效。

在可靠性设计中,则把一切引起零件失效的工作参数(包括应力、变形、磨损量、寿命、温度等)广义地称为应力 x ,而把零件抵抗失效的能力(例如零件的强度)广义地称为强度 X 。这样,零件不发生失效的条件为 $x < X$ 。

事实上,由于零件所受的载荷、剖面尺寸以及影响应力的各种因素的不确定性,零件的应力有一定的离散性;而零件的制造工艺、材料内部组织以及试验条件等因素的不确定性,零件的强度也有一定的离散性,它们都是服从一定分布规律的随机变量,如图2-1所示。图中横坐标代表应力 x 和强度 X ,纵坐标代表应力和强度的概率分布密度函数 $f(x)$ 和 $f(X)$ 。机械零件常规设计中所考虑的应力和强度,实质上是服从一定分布的随机变量的均