

机械设计

黄霞 杨岩 主编



科学出版社

机 械 设 计

黄 霞 杨 岩 主 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

《机械设计》是在“重庆市高端装备技术协同创新中心”项目建设资助下,根据“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以及教育部“机械设计课程教学基本要求”,结合近年来机械设计课程教学改革、教学研究和教学实践成果编写而成。

本书以通用零部件和简单机械系统的设计为主要内容,注重培养学生的工程实践能力和创新能力。全书共 12 章,包括机械设计总论,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,滚动轴承,滑动轴承,轴,轴毂连接,联轴器、离合器和制动器,螺纹连接和螺旋传动,其他常用零部件。

本书可作为高等学校机械类各专业的教学用书,也可供机械工程领域的研究生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/黄霞,杨岩主编. —北京:科学出版社,2018.1

ISBN 978-7-03-056348-4

I. ①机… II. ①黄… ②杨… III. ①机械设计-高等学校-教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 010602 号

责任编辑:邓 静 张丽花 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

石家庄继文印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张:20 1/2

字数:486 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书是在“重庆市高端装备技术协同创新中心”项目建设资助下,根据“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”以及教育部“机械设计课程教学基本要求”,结合近年来机械设计课程教学改革、教学研究和教学实践成果编写而成。

本书以通用零部件和简单机械系统的设计为主要内容,注重培养学生的工程实践能力和创新能力。全书共12章,第1章为机械设计总论,探讨机械设计中的一些共性问题,第2~5章论述各种机械传动的特性和方法,第6~10章为轴系零部件的设计,第11、12章为常用连接的设计及其他零部件设计。本书在编写过程中以满足教学基本要求,贯彻少而精的原则为出发点,尽量引用最新的标准、规范和资料,力求做到精选内容,适当扩宽知识面,在各章结尾增加了与该章内容相关的知识拓展,课后习题精选了近年来全国各大高校机械设计考研题目,以供读者参考、学习。

本书的编写分工为:第1章,杨岩、黄霞、周静;第2、3章,黄霞;第4、5章,张晋西;第6章,贾秋红;第7章,魏书华;第8章,吴敏;第9章,林昌华、黄霞;第10章,吴敏;第11章,林昌华、黄霞;第12章,王黎明。全书由黄霞、杨岩担任主编并统稿。

本书由同济大学中德学院林松教授、重庆大学魏静教授主审,对全书提出了很多宝贵意见和建议。在编写过程中还得到了重庆理工大学机械基础教研室全体教师的大力支持和帮助,书中部分插图由机械工程学院部分学生绘制完成,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,若有误漏欠妥之处,敬请不吝指正。

编 者

2017年7月

目 录

绪论	1
第 1 章 机械设计总论	3
1.1 机械设计发展历程	3
1.2 机器的组成	3
1.3 机械设计的基本要求和一般程序	5
1.4 机械零部件设计	6
1.5 机械设计中的强度问题	9
1.6 机械零件的材料及其选用	15
1.7 机械设计中的标准化、系列化和通用化	17
1.8 机械中的摩擦、磨损、润滑	18
1.9 机械现代设计方法	23
习题	24
第 2 章 带传动	25
2.1 带传动的工作原理和类型	25
2.2 V 带和 V 带轮	26
2.3 带传动工作情况分析	29
2.4 普通 V 带传动的设计计算	33
2.5 带传动的张紧	38
2.6 同步带传动简介	40
习题	42
第 3 章 链传动	44
3.1 概述	44
3.2 链条和链轮	45
3.3 链传动的运动分析和受力分析	48
3.4 滚子链传动的设计计算	51
3.5 链传动的布置、张紧和润滑	55
习题	58
第 4 章 齿轮传动	59
4.1 齿轮传动的特点及分类	59
4.2 齿轮传动的设计准则	60
4.3 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	65
4.4 标准斜齿圆柱齿轮强度计算	83
4.5 锥齿轮传动强度计算	88
4.6 齿轮的结构设计	94

习题	98
第 5 章 蜗杆传动	100
5.1 蜗杆传动的特点与分类	100
5.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	102
5.3 蜗杆传动的初步设计	105
5.4 蜗杆传动的强度设计	106
5.5 蜗杆传动的效率	111
5.6 蜗杆传动的热平衡计算	112
5.7 圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计	113
习题	118
第 6 章 滚动轴承	120
6.1 概述	120
6.2 滚动轴承的主要类型及其代号	121
6.3 滚动轴承类型选择及受载情况	126
6.4 滚动轴承的尺寸选择和寿命计算	130
6.5 滚动轴承的组合设计	136
6.6 滚动支承结构件	146
6.7 其他轴承介绍	148
6.8 计算示例	149
习题	153
第 7 章 滑动轴承	155
7.1 滑动轴承的主要结构形式	155
7.2 轴瓦结构	157
7.3 轴承的材料及润滑剂的选用	159
7.4 非完全液体润滑滑动轴承的设计	163
7.5 液体动压润滑径向滑动轴承的设计	165
7.6 其他滑动轴承简介	175
习题	180
第 8 章 轴	181
8.1 概述	181
8.2 轴的材料	183
8.3 轴的结构设计	185
8.4 轴的计算	197
习题	204
第 9 章 轴毂连接	207
9.1 键连接	207
9.2 花键连接	212
9.3 无键连接	214
9.4 销连接	215

习题	218
第 10 章 联轴器、离合器和制动器	220
10.1 联轴器的种类与特性	220
10.2 联轴器的选择	234
10.3 离合器	236
10.4 制动器	247
习题	252
第 11 章 螺纹连接和螺旋传动	253
11.1 螺纹的基本类型和参数	253
11.2 螺纹连接的基本类型和标准连接件	255
11.3 螺纹连接的预紧与防松	259
11.4 螺栓连接的强度计算	262
11.5 螺栓组设计	268
11.6 提高螺纹连接强度的措施	275
11.7 螺旋传动	278
习题	289
第 12 章 其他常用零部件	291
12.1 弹簧	291
12.2 机架	306
12.3 滚动导轨概述	311
12.4 焊接及其他接合技术	314
参考文献	319

绪 论

一、本课程的性质和任务

机械设计课程是培养学生具有机械设计能力的一门技术基础课程,面向以机械学为主干学科的各专业学生。这门课程着重传授机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,引领学生综合运用已学过的高等数学、机械制图、理论力学、材料力学、工程材料及热处理、机械原理、机械制造基础以及机械设计精度等多方面的知识来解决一般通用的机械零部件的设计问题。

本课程的主要任务是通过理论学习、实验和课程设计综合实践培养学生。

(1) 树立正确的设计思想,并勇于创新探索。

(2) 掌握通用机械零部件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有机械系统的综合设计能力,能进行一般机械传动装置部件和简单机械装置的设计。

(3) 具有应用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力。

(4) 掌握典型的机械零件的试验方法,获得实验技能的基本训练。

(5) 了解机械工程学科及机械设计方向的国内外发展动态。

二、本课程的研究对象及主要内容

本课程的研究对象是一般尺寸和常用工作参数下的通用零部件的设计,包括它们的基本设计理论和方法以及技术资料、标准的应用。通用零件是指在一般机械中经常用到的机械零件,如齿轮、螺栓、滚动轴承、弹簧等。曲轴、螺旋桨、活塞等在某些机械中专用的零件称为专用零件。专用零件、部件和在特殊工作条件下(如高温、高压、高速等)以及有特殊要求(结构、体积等)的通用零件、部件则在有关专业课中研究,不属于本书讨论的范围。

本书讨论的具体内容如下。

(1) 机械设计总论。机械设计的要求及一般过程,机械零部件的设计要求、设计准则及设计方法,材料选择,以及机械中的摩擦、磨损、润滑等机械设计中具有基础性、共同性的问题。

(2) 机械传动。带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动。

(3) 轴系零、部件。滚动轴承、滑动轴承、轴,以及联轴器、离合器和制动器。

(4) 常用连接。螺纹连接,键、花键、无键连接和销连接,焊接及其他接合技术。

(5) 其他常用零部件。弹簧、基架、导轨等。

三、如何学习本课程

机械设计课程是机械类各专业的一门主干技术基础课程,在整个课程体系里面起着承上启下的作用。在学习本课程时,应注意以下几个特点。

(1) 系统性。一个好的机械设计需要满足多方面的要求,如使用性要求、结构工艺性要

求、经济性要求、可靠性要求,同时还可能需要满足质量小、便于运输、不污染环境等要求。这些要求有些情况下是难以完全满足的,因此,设计者必须全面考虑、综合平衡,这就要求设计者具有系统工程的观点,要求设计者能正确确定设计要求、合理选择总体设计方案、掌握每个机械零件的特性,并综合运用先修课程中所学得的有关知识解决工程实际问题。

(2)工程性。本课程具有鲜明的工程性,在设计每个机械零件时要用到大量的数据、表格、标准、资料等,要求处理方案选择、零件选择、材料选择、参数选择、结构形式选择等问题。另外,由于实际工程问题涉及多方面因素,其求解可采用多种方法,其解一般也不是唯一的。这需要设计者具有分析、判断、决策的能力,坚持科学严谨的工作作风,认真负责的工作态度,讲求实效的工程观点。

(3)典型性。机械零件种类很多,本课程只学习其中的一部分,但设计机械零件的方法和思路是相同的,即通过学习这些基本内容掌握有关的设计规律和技术措施,从而具有设计其他通用零部件和某些专用零部件的能力。

第 1 章 机械设计总论

1.1 机械设计发展历程

机械设计是指设计人员根据使用要求对机械的工作原理、结构、运动方式,以及力和能量的传递方式、各个零件的材料和形状尺寸、润滑方法等进行构思、分析和计算,并将其转化为具体的描述以作为制造依据的工作过程。早在新石器时期,就出现了各种机械类的产品,然而直到 18 世纪工业革命才出现了技术特征明显的专门为工业生产而运用的成体系的机械设计。随着社会的不断发展,机械设计发展历程主要分为四阶段。

1. 摇篮期: 设计公式下的经典设计

第一阶段主要是从工业革命至第二次世界大战之间,此时的机械工业生产主要发生在欧美国家,其设计是依靠经典设计公式所进行的组合来进行。

2. 成长期: 经验下的实验设计

第二阶段涵盖第二次世界大战到 1960 年这段时间,主要地点为美国,属于机械工业在数量上扩大生产的阶段。此阶段下的机械设计,以模型试验和实机试验来获得相关数据进行设计,其主要包括两大方面,即机能设计与强度设计。其中强度设计兼顾三个方面,即弹性设计、极限设计和疲劳设计。

3. 发展期: 静态解析下的理论设计

第三阶段为 1960~1980 年这段时间,是机械设计从试验设计转至理论设计的发展阶段。20 世纪 60 年代以后,机械生产不但在数量上有了很大提升,还要求提高产品质量,改进机械性能,出现了应用液压技术、电子技术等系列设计。

4. 成熟期: 动态解析下的理论设计

第四阶段为 20 世纪 80 年代以后,机械生产向着高速、高效、轻量化、自动化和精密的方向快速发展,而产品结构更加复杂,对机械的工作性能要求也越来越高。为使机械安全可靠地工作,其结构系统必须具有良好的静、动特性。另一方面,人们的环境保护意识增强,机械振动和噪声损害操作者的身心健康,成为亟待解决的社会问题。为此,由静态解析为主的设计开始向动态解析转移,以满足机械静、动特性和低振动、低噪声的要求。

机械设计的最终目标是确定组成机器的零部件的尺寸和形状,并选择适合的材料与制造工艺,从而使得设计出来的机器可以完成预定的功能而不发生失效。机械设计是机械工程的重要组成部分,是机械生产的第一步,是决定机械性能最主要的因素。

1.2 机器的组成

机器是人们根据某种使用要求设计和制造的一种执行机械运动的装置,可用来变换或传递能量、物料和信息。

图 1-1 所示的在丘陵山区广泛应用的微耕机, 由汽油机或柴油机作为原动机, 皮带或链条式齿轮箱作为传动装置, 配上相应的执行部分(如图 1-1 所示的旋耕刀具)就可进行旋耕、犁耕、播种、脱粒、抽水、喷药、发电和运输等多项作业。除此之外为保证其正常工作, 还具有离合控制拉手、换挡杆、扶手架、支撑杆等控制及辅助部分。

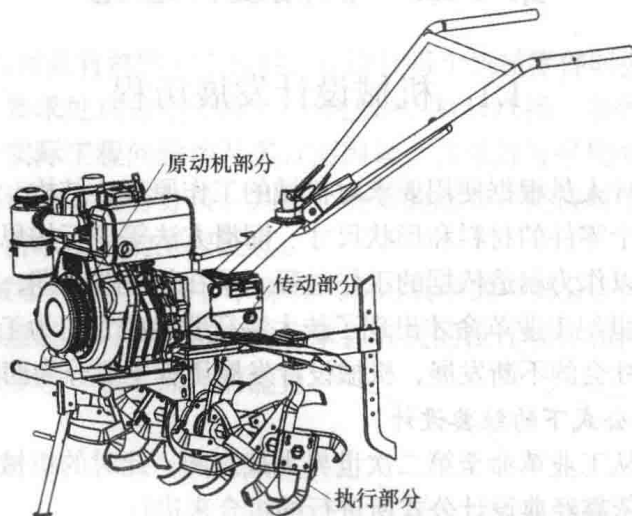


图 1-1 微耕机

随着科学技术的不断进步和计算机技术的广泛应用, 现代机械正朝着自动化、精密化、高速化和智能化的方向发展。现代机器是由计算机信息网络协调与控制的, 用于完成包括机械力、运动和能量等动力学任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统, 机器人就是现代机器的典型。

图 1-2 所示的柑橘采摘机器人, 电动机作为原动机, 变速箱作为传动部分, 履带机构、机械臂与末端执行器作为完成行走及采摘功能的执行部分, 双目视觉定位系统、计算机等作为控制及辅助部分。所有部分综合作用, 最终实现对柑橘目标进行自动定位并采摘。

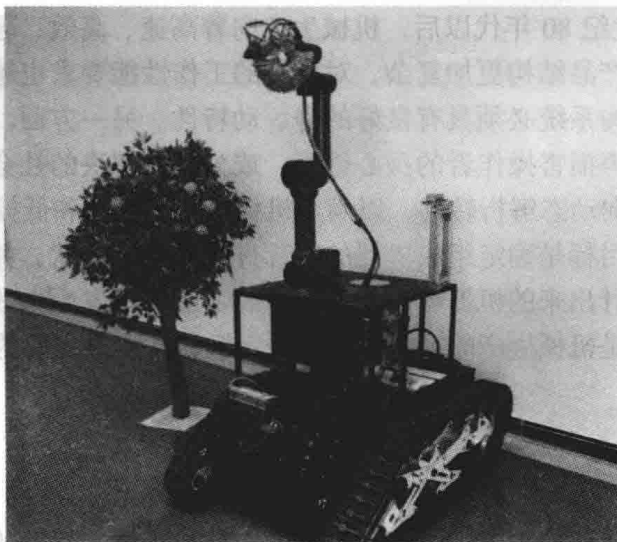


图 1-2 柑橘采摘机器人

因此,一台完整的机器就其各部分功能而言,由以下几个部分组成(图 1-3)。

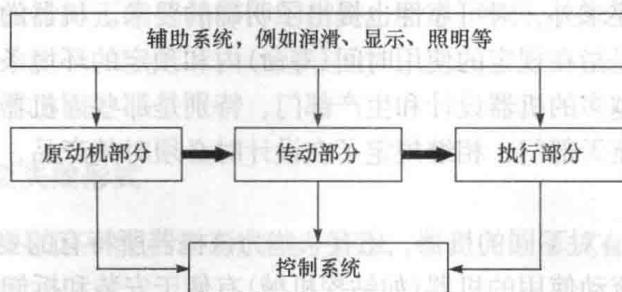


图 1-3 机器的组成

(1)原动机部分。它是驱动整部机器完成预定功能的动力源。常用的原动机有电动机、内燃机、水轮机、蒸汽轮机、液动机和气动机,其中电动机应用最为广泛。

(2)执行部分。它包括执行机构(工作机)和执行构件,通常处于机械系统的末端,用来完成机器预定功能。

(3)传动部分。它是把原动机的运动和动力传递给工作机的中间装置,实现运动和力的传递和变换,以适应工作机的需要。

(4)控制系统。它是使原动机部分、传动部分、执行部分彼此协调工作,控制或操纵上述各部分的启动、离合、制动、变速、换向或各部件运动的先后次序、运动轨迹及行程等,并准确可靠地完成整个机械系统功能的装置,包括机械控制、电气控制和液压控制等。

(5)辅助系统。根据机器的功能要求,还有一些辅助系统,如润滑、冷却、显示、照明等以及框架支撑系统(如支架、床身、底座等)。

1.3 机械设计的基本要求和一般程序

1.3.1 机械设计的基本要求

(1)实现预期功能要求。预期功能是指用户或设计者与用户协商确定下来的机械产品需要满足的特性和能力。如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、需传递的功率等,以及某些使用上的特定要求(如自锁、防潮、防爆)。这需要设计者正确分析机器的工作原理,正确地设计或选用能够全面实现功能要求的执行机构、传动机构、原动机,以及合理地配置必要的辅助系统来实现。

(2)经济性要求。经济性体现在机械设计、制造和使用的全过程中。设计制造的经济性表现为机器的成本低,使用经济性表现为高生产率、高效率、能源材料消耗少、维护管理费用低等。

(3)劳动保护和环境的要求。设计时要按照人机工程学的观点,使机器的使用简便可靠,减轻使用者的劳动强度,同时设置完善的安全防护及保安装置、报警装置等,使所设计的机器符合劳动保护法规的要求。改善机器及操作者周围的环境条件,如降低机器运转的噪声,防止有毒、有害介质的渗漏及对废水、废气进行有效的治理等以满足环境保护法规对生产环境提出的要求。

(4) 寿命和可靠性要求。任何机器都要求在一定的寿命下可靠地工作。人们对机器除了习惯上对工作寿命的要求外,对可靠性也提出了明确的要求。机器的可靠性通过可靠度来衡量。机器的可靠度是指在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下机器能够正常工作的概率。已有越来越多的机器设计和生产部门,特别是那些因机器失效将造成巨大损失的部门,例如航空、航天部门,相继规定了在设计时必须对其产品,包括零部件进行可靠性分析与评估的要求。

(5) 其他特殊要求。对不同的机器,还有一些为该机器所特有的要求。如对机床有长期保持精度的要求;对流动使用的机器(如钻探机械)有便于安装和拆卸的要求;对大型机器有便于运输的要求等。设计机器时,在满足上述共同的基本要求的前提下,还应着重满足这些特殊要求,以提高机器的使用性能。

1.3.2 机械设计的一般程序

(1) 规划设计阶段。规划设计阶段是机器设计整个过程中的准备阶段。这个阶段,应对所设计机器的需求情况做充分的市场调查研究和分析,确定所设计机器需要实现的功能以及所有的设计要求和期望,并根据现有的技术、资料及研究成果,分析其实现的可能性,明确设计中的关键问题,拟定设计任务书。设计任务书主要包括:机器的功能、主要参考资料、制造要求、经济性、环保性评估、特殊材料、必要的试验项目、完成设计任务的预期期限以及其他特殊要求等。正确分析和规划、确定设计任务是合理设计机械的前提。

(2) 方案设计阶段。根据设计任务书提出的要求进行机器功能设计研究,确定执行部分的运动和阻力,选择原动机,选择传动机构,拟定原动机到执行部分的传动系统,绘制整机的运动简图,并作出初步的运动和动力计算,确定功能参数。根据功能参数,提出可能采用的方案。通常需做出多个方案加以分析比较,择优选定。

(3) 技术设计阶段。根据方案设计阶段提出的最佳设计方案,进行技术设计,包括:机器运动学设计、机器动力学计算、零件工作能力设计、部件装配草图及总装配图的设计,以及主要零件的校核,最后绘制零件的工作图、部件装配图和总装图,编制技术文件和说明书。

(4) 试制定型阶段。通过鉴定评价,对设计进行必要的修改后进行小批量的试制和试验,必要时还应在实际使用条件下试用,对机器进行各种考核和测试。通过几次小批量生产,在进一步考察和验证的基础上将原设计进行改进之后,即可进行适用于成批生产的机器定型设计。

需要指出,机械设计以上各个阶段是相互紧密关联的,某一阶段中发现问题和不当之处,必须返回到前面的有关阶段去修改。因此,机械设计过程是一个不断返回、不断修改,以逐渐接近最优结果的过程。

1.4 机械零部件设计

1.4.1 机械零件设计的基本要求

(1) 功能性要求。应保证零件有足够的强度、刚度、寿命及振动稳定性等。

(2) 结构工艺性要求。设计的结构应便于加工和装配。

(3) 经济型要求。设计时正确选择零件的材料、尺寸,零件应有合理的生产加工和使用维护的成本。

(4) 安全可靠,操作方便。

1.4.2 机械零件的主要失效形式

机械零件由于某种原因不能正常工作称为失效,主要失效形式有以下几种。

1) 断裂

当零件在外载荷作用下,由于某一危险截面的应力超过零件的强度极限而导致的断裂,或在变应力作用下,危险截面发生的疲劳断裂。

2) 过量变形

机械零件受载工作时,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工作影响不大,但过量的弹性变形会使零件不能正常工作,有时还会造成较大振动,致使零件损坏。

当作用于零件上的应力超过了材料的屈服极限,零件将产生残余变形,造成零件的尺寸和形状改变,破坏零件和零件间的相互位置和配合关系,导致零件或机器不能正常工作。

3) 零件的表面损伤

零件的表面损伤主要是接触疲劳、磨损和腐蚀。零件表面损伤后,通常都会增大摩擦,增加能量损耗,破坏零件的工作表面,致使零件尺寸发生变化,最终造成零件报废。零件的使用寿命在很大程度上受到表面损伤的限制。

4) 破坏正常的工作条件引起的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,若破坏了这些必备条件则将发生不同类型的失效。例如,带传动当传递的有效圆周力大于摩擦力的极限值时将发生打滑失效;高速转动的零件当其转速与转动系统的固有频率相一致时会发生共振,以致引起断裂;液体润滑的滑动轴承当润滑油膜破裂时将发生过热、胶合、磨损等。

1.4.3 机械零件的设计准则

零件不发生失效时的安全工作限度称为零件的工作能力,为保证零件安全、可靠地工作,应确定相应的设计准则来保证设计的机械零件具有足够的工作能力。一般来讲,大体有以下几种设计准则。

1) 强度准则

强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂、塑性变形及表面损伤的能力。为保证零件有足够的强度,计算时应保证危险截面工作应力 σ 或 τ 不能超过许用应力 $[\sigma]$ 或 $[\tau]$,即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{或} \quad \tau \leq [\tau] \quad (1-1)$$

满足强度要求的另一表达式是使零件工作时的实际安全系数 S 不小于零件的许用安全系数 $[S]$,即

$$S \geq [S] \quad (1-2)$$

强度准则是机械零件设计计算最基本的准则,有关设计中的强度问题还将在1.5节中

做专门阐述。

2) 刚度准则

刚度是零件受载后抵抗弹性变形的能力。为保证零件有足够的刚度,设计时应使零件在载荷作用下产生的弹性变形量 y 不得大于许用变形量 $[y]$, 即

$$y \leq [y] \quad (1-3)$$

弹性变形量 y 可按各种变形量的理论或实验方法来确定,而许用变形量 $[y]$ 则应随不同的使用场合,根据理论或经验来确定其合理的数值。

3) 寿命准则

影响零件寿命的主要因素是腐蚀、磨损和疲劳,它们的产生机理、发展规律及对零件寿命的影响是完全不同的。迄今为止,还未能提出有效而实用的腐蚀寿命计算方法,所以尚不能列出腐蚀的计算准则。对磨损,人们已充分认识到它们的严重危害性,进行了大量的研究工作,但由于摩擦、磨损的影响因素十分复杂,产生的机理还未完全明晰,所以至今还未形成供工程实际使用的定量计算方法。对疲劳寿命计算,通常是求出零件使用寿命期内的疲劳极限或额定载荷来作为计算的依据,在 1.5 节将做进一步介绍。

4) 振动稳定性准则

机器中存在着许多周期性变化的激振源,例如齿轮的啮合、轴的偏心转动、滚动轴承中的振动等。当零件(或部件)的固有频率 f 与上述激振源的频率 f_p 重合或成整数倍关系时,零件就会发生共振,导致零件在短期内破坏甚至整个系统毁坏。因此,应使受激零件的固有频率与激振源的频率相互错开避免共振。相应的振动稳定性的计算准则为

$$0.85f > f_p \quad \text{或} \quad 1.15f < f_p \quad (1-4)$$

若不满足振动稳定性条件,可改变零件或系统的刚度或采取隔振、减振措施来改善零件的振动稳定性。

5) 散热性准则

机械零、部件由于过度发热,会引起润滑油失效、胶合、硬度降低、热变形等问题。因此,对于发热较大的机械零部件必须限制其工作温度,满足散热性准则。如蜗杆传动、滑动轴承需进行热平衡计算。

6) 可靠性准则

对于重要的机械零件要求计算其可靠度,作为可靠性的性能指标。可靠度是指一批零件,共有 N_0 个,在一定的工作条件下进行试验,如在时间 t 后仍有 N_s 个正常工作,则这批零件在该工作条件下,达到工作时间 t 的可靠度 R 为

$$R = \frac{N_s}{N_0} = \frac{N_0 - N_f}{N_0} = 1 - \frac{N_f}{N_0} \quad (1-5)$$

式中, N_f 为在时间 t 内失效的零件数, $N_0 = N_s + N_f$ 。

1.4.4 四机械零件的设计方法

机械零件的常规设计方法有以下三种。

1) 理论设计

根据现有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。根据零件的工作情况和要求进行失效分析, 确定零件的设计计算准则, 按其理论设计公式确定零件的形状和尺寸。

(2) 校核计算。参照已有实物、图样和经验数据初步拟定零件的结构和尺寸, 然后根据设计计算准则的理论校核公式进行校核计算。

2) 经验设计

经验设计是指根据对某类零件已有的设计与使用实践而归纳出的经验公式, 或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, 适用于那些使用要求变动不大而结构形状已典型化的零件, 例如箱体、机架、传动零件的结构设计。

3) 模型实验设计

对于尺寸特大、结构复杂且难以进行理论计算的重要零件可采用模型实验设计。即把初步设计的零、部件或机器做成小模型或小尺寸样机, 通过实验的手段对其各方面的特性进行检验, 根据实验的结果进行逐步的修改, 从而达到完善。这种方法费时、昂贵, 适用于特别重要的设计中。

1.4.5 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计大体要经过以下几个步骤:

(1) 根据零件功能要求、工作环境等选定零件的类型。为此, 必须对各种常用机械零件的类型、特点及适用范围有明确的了解, 进行综合对比并正确选用。

(2) 根据机器的工作要求, 计算作用在零件上的载荷。

(3) 分析零件在工作时可能出现的失效形式, 确定其设计计算准则。

(4) 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。

(5) 根据设计准则计算并确定零件的基本尺寸和主要参数。

(6) 根据工艺性要求及标准化等原则进行零件的结构设计, 确定其结构尺寸。

(7) 结构设计完成后, 必要时还应进行详细的校核计算, 判断结构的合理性并适当修改结构设计。

(8) 绘制零件的工作图, 并写出计算说明书。

1.5 机械设计中的强度问题

1.5.1 强度计算的基本概念

1. 机械零件的载荷

机械零件的载荷是指其工作时所受的各种作用力(包括力矩)。

载荷按是否随时间变化可分为静载荷和变载荷。大小和方向不随时间变化(或变化极缓慢)的载荷称为静载荷, 大小或方向随时间变化的载荷称为变载荷。在设计计算中载荷还常分为名义载荷和计算载荷。当缺乏实际工作载荷的载荷谱(载荷与时间的坐标图)或难以确定工作载荷时, 常根据原动机或负载的额定功率通过力学公式求得, 这样得出的载荷称为名义载荷。考虑实际工作中存在冲击、振动、不均匀性等因素, 将载荷系数 K 与名义载荷的乘积称为计算载荷。载荷系数 K 的值大于等于 1, 具体数值可根据机械零件不同工作情

况由经验公式或数据表确定。机械零件的设计按计算载荷进行。

2. 机械零件的应力

机械零件受载后产生应力,按应力随时间变化的特性不同,可分为静应力和变应力。

不随时间变化(或变化极缓慢)的应力称为静应力,随时间变化的应力称为变应力。变应力是多种多样的,其大小和方向随时间作周期性变化的称为稳定循环变应力(图 1-4)。

为了描述稳定循环变应力,引入五个变应力参数:最大应力值 $\sigma_{\max}$, 最小应力值 $\sigma_{\min}$, 平均应力 σ_m , 应力幅 σ_a , 应力比(或循环特性) r , 它们关系如下:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (1-6)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (1-7)$$

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (1-8)$$

已知这五个参数中的任意两个参数就可以确定变应力的类型和特性。当 $r = -1$ 时,为对称循环变应力(图 1-5(a)); 当 $r = 0$, 为脉动循环变应力(图 1-5(b)); 当 $r = 1$ 时,为静应力(图 1-5(c))。当 r 为其他任意值时,为非对称循环变应力(图 1-4)。

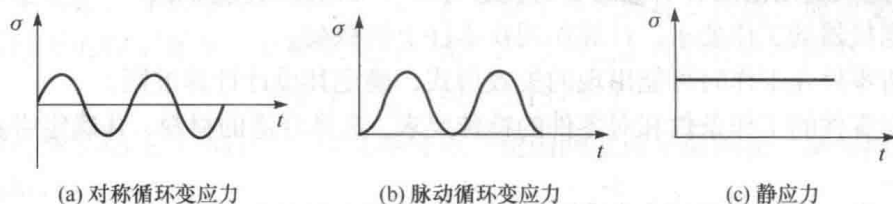


图 1-5 几种典型的稳定变应力

1.5.2 变应力下机械零件的整体强度

机械零件的强度与载荷、材料、几何尺寸因素以及使用工况等有关。机械零件的强度有体积强度和表面强度之分。前者是指拉伸、压缩、弯曲、剪切等涉及机械零件整体的强度,后者是指接触、挤压等涉及表面的强度。机械零件的强度又分为静应力强度和变应力强度。据设计经验及材料的特性,通常认为在机械零件的整个工作寿命期间应力变化次数小于 10^3 的零件,可按静应力强度进行设计,利用材料力学的知识,可对零件进行静应力强度的初步设计,这里不再讨论。

1. $\sigma-N$ 疲劳曲线

在材料的标准试件上加上一定应力比的等幅变应力(通常取 $r = -1$ 或 $r = 0$),通过试验,可以得到不同最大应力 σ_N 下引起试件疲劳破坏所经历的应力循环次数 N ,将试验的结果绘制成疲劳曲线,即 $\sigma-N$ 曲线(图 1-6)。

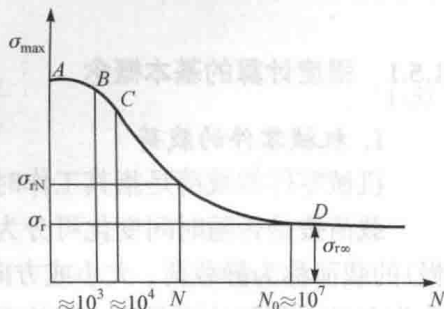


图 1-6 $\sigma-N$ 曲线