

普通高等学校“十三五”规划教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

田 娥 李 毅 主 编

金晓明 赵玉霞 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校“十三五”规划教材

机械设计基础

主 编 田 娥 李 毅

副主编 金晓明 赵玉霞

主 审 孙建东



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

为培养工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型“新工科”人才,实施产教融合、科教融合的教学改革和课程建设,根据机械工程及自动化专业人才培养需求编写了本书。

本书的主要内容为:机构的组成及分析、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、机械的平衡、连接、带传动和链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴、轴承。本书的主要特点是:从案例分析入手,进行课程的课堂理论教学及后续的课程设计,并通过最后课程设计所作的具体题目,训练和检验学生机械设计的能力和水平。

本书适合作为应用型高等院校本科机械设计基础课程的教材,也可作为高职及成人高等院校的教学参考书,并可供机械工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/田娥,李毅主编. —北京:中国铁道出版社,2017. 12
普通高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-113-23797-4

I. ①机… II. ①田… ②李… 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(2017)第 223549 号

书 名: 机械设计基础
作 者: 田 娥 李 毅 主编

策 划: 李小军 读者热线: (010) 63550836
责任编辑: 许 璐 钱 鹏
封面设计: 刘 颖
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>
印 刷: 虎彩印艺股份有限公司
版 次: 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.75 字数: 441千
书 号: ISBN 978-7-113-23797-4
定 价: 42.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

前 言

本书由北京联合大学规划教材建设项目资助,是为适应“新工科”应用型人才培养要求而编写的。本书适应当今学科交叉的发展趋势,突出机械设计在机械工程、电子信息、材料科学、工业设计等领域的应用。

为适应新技术、新产业发展形势下机械工程专业教学体系及教学内容改革的需要,本书在满足相关专业对本课程要求的基础上,更新教学内容,突出普通高等工科院校应用型人才培养的特点,从案例分析入手,培养学生的创新实践能力。

本书有以下主要特点:

(1)从工程实际和机械系统整体考虑,将机械原理和机械设计的内容有机地整合在一起,弱化原机械原理与机械设计教材的界限,加强了机械设计理论和实践的联系,以利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

(2)在教材体系和内容安排上符合学生的认知规律和课程的教学规律,突出教材的实用性,同时有效地将学科系统性与工程实践性、知识理论性与技术应用性有机结合,尽可能反映学科前沿的最新发展动态。在内容编排上,接轨主流技术,以工程实际需要为原则,着重学生创新意识和设计能力的训练和培养,特别注意加强机械设计中结构设计的内容。

(3)从第2章起每章的开始都增加了案例导入。通过案例导入,使学生了解本章能够和将要解决的主要实际问题,明确学习目的。

(4)部分章节结束后增加了实训项目,以便于学生在学习每章内容后能实际参与机械设计实践。

全书共分13章,由北京联合大学田娥、中建总公司李毅担任主编,北京联合大学金晓明、国家知识产权局专利局赵玉霞担任副主编,北京联合大学孙建东担任主审。孙建东教授对本书进行了详细审阅,提出了许多宝贵的意见和建议,对保证本书质量起了很大作用,在此表示衷心的感谢。

由于时间和水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,真诚希望广大读者给予批评指正。

编 者

2017年6月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 机械设计基础概述	1
1.2 设计机械产品时的要求、方法和一般过程	5
1.3 机械零件的失效形式和设计准则	9
1.4 机械零件的强度	11
1.5 机器及其零部件的标准化	14
习 题	15
第2章 机构的组成及分析	16
2.1 运动副及其分类	17
2.2 机构的运动简图	19
2.3 平面机构的自由度	22
2.4 速度瞬心法及其在机构速度分析中的应用	28
2.5 本章实训	31
习 题	32
第3章 平面连杆机构	35
3.1 平面连杆机构概述	36
3.2 平面连杆机构的基本类型及其演化	36
3.3 平面连杆机构的工作特性	41
3.4 平面四杆机构的运动设计	44
3.5 本章实训	47
习 题	47
第4章 凸轮机构	49
4.1 凸轮机构的组成及特点	50
4.2 凸轮机构的类型	51
4.3 从动件的常用运动规律	53
4.4 凸轮机构的设计	58
4.5 本章实训	67
习 题	68

第 5 章 间歇运动机构	70
5.1 间歇运动机构	70
5.2 棘轮机构	71
5.3 槽轮机构	73
5.4 不完全齿轮机构	75
习 题	76
第 6 章 机械的平衡	77
6.1 机械平衡	77
6.2 回转件的静平衡	79
6.3 回转件的动平衡	80
6.4 回转件的平衡实验	82
6.5 本章实训	85
习 题	85
第 7 章 连 接	87
7.1 螺纹的类型与应用	88
7.2 螺旋副的效率和自锁	90
7.3 螺纹连接及其预紧与防松	93
7.4 螺栓组连接	102
7.5 提高螺栓连接强度的措施	105
7.6 键 连 接	107
习 题	113
第 8 章 带传动和链传动	116
8.1 带传动概述	117
8.2 带传动的工作原理及承载能力计算	121
8.3 普通 V 带传动的设计计算	126
8.4 普通 V 带带轮的设计	134
8.5 带传动的张紧装置、安装与维护	136
8.6 链 传 动	137
8.7 本章实训	139
习 题	141
第 9 章 齿轮传动	143
9.1 齿轮机构的特点及类型	144
9.2 齿廓啮合基本定律与渐开线齿廓	147

9.3	渐开线齿轮各部分的名称及尺寸	150
9.4	渐开线齿轮的啮合传动特性	153
9.5	渐开线齿轮的切齿原理	157
9.6	渐开线齿轮的根切现象及最少齿数	160
9.7	渐开线变位齿轮简介	161
9.8	斜齿圆柱齿轮传动	164
9.9	锥齿轮传动	171
9.10	齿轮传动的失效形式和计算准则	175
9.11	齿轮的材料及热处理	177
9.12	齿轮传动精度简介	180
9.13	直齿圆柱齿轮传动的受力分析及其计算载荷	180
9.14	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	182
9.15	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	196
9.16	齿轮的结构	202
9.17	齿轮传动的润滑及效率	204
9.18	本章实训	206
	习 题	207
第 10 章	蜗杆传动	210
10.1	概 述	211
10.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	212
10.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	214
	习 题	216
第 11 章	轮 系	218
11.1	轮系的分类	219
11.2	定轴轮系的传动比	221
11.3	周转轮系的传动比	224
11.4	混合轮系及其传动比计算	227
11.5	轮系的功用	229
11.6	周转轮系的设计	231
11.7	几种特殊的行星传动	232
11.8	本章实训	234
	习 题	235
第 12 章	轴	238
12.1	轴的分类	239
12.2	轴材料的选择	240

12.3	轴的结构设计.....	240
12.4	轴的强度计算.....	244
12.5	本章实训.....	250
	习 题.....	251
第 13 章	轴 承	253
13.1	滚动轴承的类型、代号及选用	254
13.2	滚动轴承的失效形式和设计准则.....	260
13.3	滚动轴承的特性与寿命计算.....	261
13.4	滚动轴承的静载荷计算与极限转速.....	268
13.5	滚动轴承组合设计.....	270
13.6	滚动轴承的润滑与密封.....	277
13.7	滑动摩擦及其润滑.....	281
13.8	滑动轴承的类型及其结构.....	282
13.9	本章实训.....	284
	习 题.....	286
附 录		288
参考文献		291

第1章 绪 论

教学目标:

本章介绍机械设计基础的主要内容、性质和任务;机器的组成和特征;学习机械设计基础的基本要求、常用设计方法和一般设计过程;机械零件的失效形式和计算准则;机械零件的强度、机械零件的工艺性和标准化问题。通过本章的学习,要求对机械设计基础课程在教学计划中的地位、作用和本课程所要讲述的基本内容有一个初步的认识;掌握本课程的基础知识,了解机械设计的基本方法和一般过程。

教学重点和难点:

- ◆机器的组成及其特征
- ◆机械设计的基本要求
- ◆机械零件常见的失效形式

1.1 机械设计基础概述

机械设计基础课程是机械工程及其自动化、机械设计制造及自动化专业以及许多机类和近机类专业的主要课程之一,也是一些非机类专业的必修课或选修课。该课程是机械原理与机械零件的有机整合,旨在教授学生机械设计基础知识,培养相关能力,提高学生的工程素质。课程基础性强、覆盖专业面较广,对培养学生综合设计能力,有十分重要的作用。

机械设计基础 { 机械原理:常用机构动力学基本知识
(连杆、凸轮、齿轮、轮系、间歇运动机构)
机械零件:常用连接,传动,轴系零部件等

1.1.1 机械设计基础课程的内容、性质和要求

本小节介绍机械设计基础课程的主要内容、在专业教学计划中的性质、地位和学习后要达到的基本要求。

1. 机械设计基础课程的内容

本课程主要讨论机械设计的常用方法和一般过程;机械传动中常用机构的几何尺寸计算、运动学分析和动力学分析;常用机构的一般设计方法;通用机械零件的失效分析、强度计算和常用标准零件的选用等问题。

2. 机械设计基础课程的性质

本课程是一门机械类专业和近机类专业必修的技术基础课,其先修课程为机械制图、高等数学、机械工程材料、工程力学。同时本课程还为后续的专业课程如:机械制造基础、机电一体

化技术和内燃机原理机等提供基础知识,也为解决一般的机械方面的生产实际问题获取必要知识。通过对本课程的学习使学生掌握机械设计的一般规律、基本理论与设计方法,初步具备机械工程技术人员应具有的基本技能和独立完成一般机械的设计能力。

3. 机械设计基础课程的要求

通过学习本课程,应达到以下基本要求。

- (1) 熟悉常用机构的工作原理,运动特性、几何尺寸计算,学会设计简单机械。
- (2) 了解机械的平衡与调速。
- (3) 掌握一般机械传动中通用机械零件的工作原理、几何尺寸计算、强度计算、结构设计和选用方法等。
- (4) 学会使用相关手册和标准,能进行通用零件和简单机械传动装置的设计和计算。

1.1.2 机器的组成及其特征

机器对于我们并不陌生,从家用的洗衣机、自行车,旅行时乘坐的汽车、火车、飞机,到建筑用的推土机、吊车,加工用的车床、铣床、刨床等都是机器。虽然机器种类繁多,机器的用途和结构各不相同,但组成机器的常用机构是有限的,本课程的机械原理部分就是要通过分析和综合这些机构,以此研究各种机构和机器所具有的一般共性问题。

1. 机器

尽管各种机器的组成、功能和运动特点不尽相同,但它们都具有如下三个共同特征:

- (1) 机器是人为的实物组合;
- (2) 机器各部分之间具有确定的相对运动;
- (3) 机器具有确定的功能,可以用来转换能量、传递信息、做有用功,以代替或者减轻人类的劳动。

图 1.1 为空气压缩机工作原理图,它将机械能转换成气体的势能。压缩机的动力来自曲轴 8,通过连杆 7 将曲轴 8 的旋转运动转变成滑块的往复运动,并通过连接杆 4 带动活塞 3 作往复运动。当活塞 3 从左向右运动时,气缸 2 内的气腔容积增大,腔内压力低于进气口压力,此时进气阀 9 打开,排气阀 1 关闭,压力较低的外部气体充满气腔;当活塞 3 从右向左运动时,弹簧 10 使进气阀 9 关闭,此时气处于密闭状态,随着运动的继续,腔内气体受到压缩使压力增高,当腔内压力大于排气口压力 p 时,排气口 1 打开,压力较高的压缩空气向外排出。

在图 1.1 中,滑块 5、机架 6、连杆 7、曲轴 8 组成了一个机构,它们将曲轴的旋转运动转变成成为滑块的往复运动,这种机构称为曲柄滑块机构。

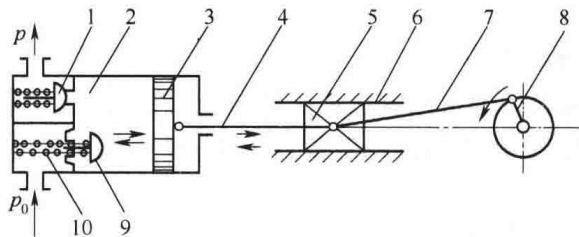


图 1.1 空气压缩机原理图

1—排气阀;2—气缸;3—活塞;4—连接杆;5—滑块;6—机架;7—连杆;8—曲轴;9—进气阀;10—弹簧

图 1.2 为单缸四冲程内燃机结构图,它由气缸体 1,曲轴 2,连杆 3,活塞 4,排气阀 5,火花塞 6,进气阀 7,顶杆 8,齿轮 9、10、11,凸轮 12 等组成。燃气推动活塞作往复移动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,曲轴与凸轮轴之间安装了齿数比为 1 : 2 的齿轮。其运动关系如图 1.3 所示。这样,当燃气推动活塞运动时,各构件协调地动作,进、排气阀有规律地启闭,加上点火装置的配合,就把热能转换为曲轴回转的机械能。

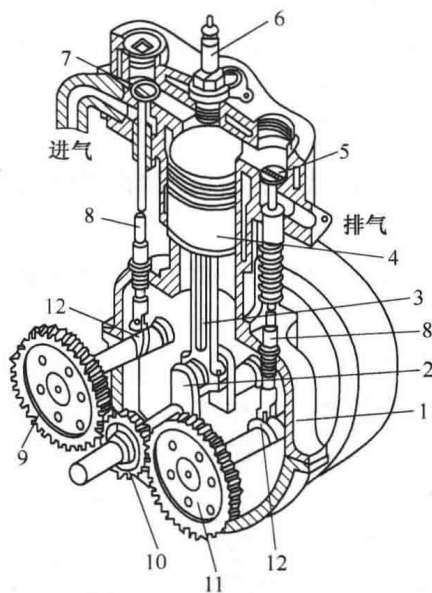


图 1.2 内燃机结构图

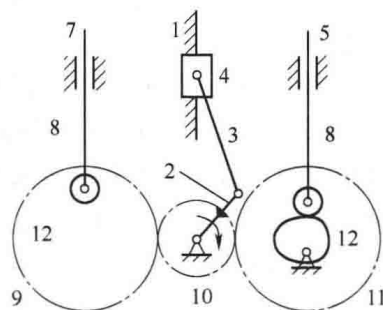


图 1.3 内燃机机构运动关系

1—气缸体;2—曲轴;3—连杆;4—活塞;5—排气阀;
6—火花塞;7—进气阀;8—顶杆;9,10,11—齿轮;12—凸轮

内燃机中主要包含了以下机构:

(1) 曲柄滑块机构 由曲轴 2(曲柄)、连杆 3、活塞 4(滑块)和气缸体 1(机架)组成,活塞为主动件,曲轴为从动件,其功用为将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动,用于实现移动与转动之间的运动变换,完成做功、吸气、压缩、排气等工作过程所需的运动。

(2) 凸轮机构 由凸轮 12、顶杆 8 和机架(气缸体)组成,两套凸轮机构相差一定的相位,分别控制进、排气阀的动作。

(3) 齿轮机构 由小齿轮 10、大齿轮 9、11 组成,其传动比为 2。用于保证进气阀、排气阀和活塞之间形成一定的运动规律(曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次)。

另外,内燃机的工作循环包括进气、压缩、做功、排气四个冲程。这四个冲程中,只有一个冲程做功,因此,单缸四冲程内燃机的运转不平稳,常在曲轴上安装一个具有很大转动惯量的圆盘,称之为“飞轮”,其目的是减少速度波动。

如上所介绍的各种类型机器中可以看出,尽管其用途和结构各不相同,机器的主体部分都是由各种运动构件组成的。根据工作类型或用途的不同,机器可分为动力机器、加工机器、运输机器和信息机器。

动力机器的用途是转换机械能。将机械能转换为其他形式能量的机器称为换能机,如空

气压缩机(见图 1.1)。将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机,如蒸汽机、内燃机(见图 1.2)、电动机等。

加工机器用来改变被加工对象的尺寸、形状、性质或状态,如金属加工机床、纺织机、轧钢机、包装机等。

运输机器用来搬运物品和人,如汽车、飞机、起重机、运输机。加工机器和运输机器都要完成有用功。

信息机器的功能是处理信息,完成信息的传递与变换,例如复印机、打印机、照相机等。信息机器虽然也作机械运动,但其目的是处理信息,而不是完成有用的机械功,因而其所需的功率较小。

2. 机构

在工程力学中我们对一些机构的运动学、动力学问题进行过研究,而上面提到的曲柄滑块机构、齿轮机构、凸轮机构等组成了机器。那么什么是机构呢?

用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统称为机构。

机构所涉及的基本单元是构件,如曲轴、连杆、滑块等,它们具有各自的运动特征。如图 1.4 所示为内燃机的连杆,它由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3、4 和 5 以及螺栓 6、螺母 7、开口销 8 等零件构成。这些零件之间没有相对运动,它们是作为一个整体来运动的。构件和我们常用的另一个术语——“零件”有所不同。构件是运动的单元,而零件是制造的单元。构件可以由一个零件组成的,也可以是由多个没有相对运动的零件组成的。

机构具有以下两个特征:

- (1) 机构是人为的实物组合;
- (2) 机构各部分之间具有确定的相对运动。

由此可见,机构具有机器的前两个特征。

机器是由各种机构组成的,它可以完成能量的转换或做有用的机械功,而机构则仅仅起着传递运动和力的作用。也就是说,机构是实现预期机械运动的实物组合体,而机器是由各种机构组成的,能实现预期机械运动并完成有用机械功或转换机械能的机构系统。由于机构具有机器的前两个特征,所以从结构和运动的观点来看,两者之间并无区别,传统上认为,机械是机器和机构的总称,将机器和机构均用“机械”来表示。

3. 现代机械的组成

随着科技的发展,机械的内涵不断变化。机电一体化已成为现代机械的最主要特征,机电一体化拓展到光、机、电、声、控制等多学科的有机融合。现代机械系统综合运用了机械工程、控制系统、电子技术、计算机技术和电工技术等多种技术,是将计算机技术融合于机械的信息处理和 控制功能中,实现机械运动、动力传递和变换,完成设定的机械运动功能的机械系统。就功能而言,一台现代化的机械包含四个组成部分。

- (1) 动力部分 其作用是向机器提供动力,称为原动机,可采用人力、畜力、液力、电力、热

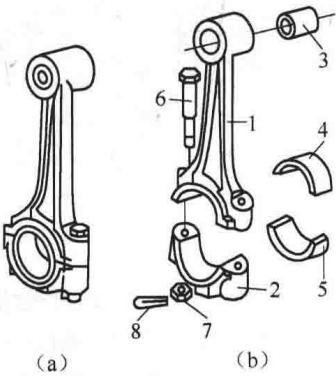


图 1.4 内燃机的连杆

1—连杆体;2—连杆盖;3,4,5—轴瓦;
6—螺栓;7—螺母;8—开口销

力、磁力、压缩空气等作为动力源。其中以利用电力(电动机)和热力(内燃机)的原动机应用最为广泛。

(2)执行系统 执行系统是直接完成机器功能的部分,按照工艺要求完成确定的运动,其动力由原动机通过传动系统提供。因此,在机器中,执行系统处于整个传动路线的终端,执行系统的工作原理和结构随机器的用途不同而不同,它属于各种专业机械课程研究的内容。

(3)传动部分 传动部分介于驱动部分和执行部分之间。将原动机的运动和动力传递给执行装置,并实现运动速度和运动形式的转换。例如,电动机都是作回转运动,而机器的执行部分则可能有各种运动形式,如回转、往复摆动、往复移动、间歇运动等,还有的执行部分要走出一定的轨迹,这就需要实现运动形式转换的各种机构,即传动部分。另外,一般原动机的转速都比较高,而机器的执行部分速度则各不相同,而且许多机器还需要执行装置可以有多种不同的速度,这就需要实现速度变换的机构,此亦为传动部分。从上一节的实例中可以清楚地看出,连杆机构、凸轮机构、棘轮机构可用来实现运动形式的转换,而齿轮机构和带传动则用来实现速度变换。

(4)控制部分 它的作用是控制机器各部分的运动,处理机器各组成部分之间的工作协调。以及与外部其他机器或原动机之间的关系协调。例如各种传感器收集信息,输入计算机进行处理,并向机器各个部分发指令等。随着现代机械设备自动化程度的提高,控制部分将变得越来越重要。

图 1.5 所示为工业机器人的构造,工业机器人由主体、驱动系统和控制系统三个基本部分组成。主体即机座和执行机构,包括臂部、腕部和手部,有的机器人还有行走机构。执行机构由多个刚性的杆件所组成,各杆件间由运动副相连(在机器人学中,通常称这些运动副为关节),使得相邻杆件间能产生相对运动。大多数工业机器人有 3~6 个运动自由度,其中腕部通常有 1~3 个运动自由度;驱动系统包括动力装置和传动机构,用以使执行机构产生相应的动作;控制系统是按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号,并进行控制。

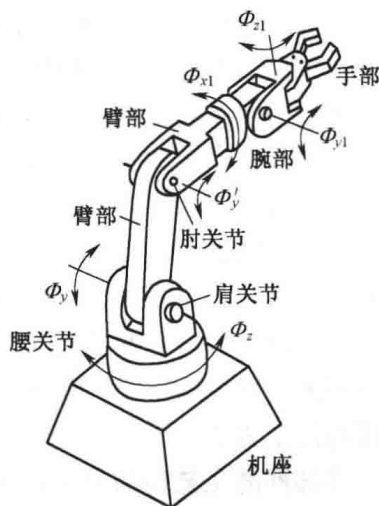


图 1.5 机器人操作机

1.2 设计机械产品时的要求、方法和一般过程

机械产品首先要满足一定的要求,机械产品的设计也要按照一定的方法进行,不同的设计方法,其设计过程也不尽相同,本节讨论设计机械产品时的基本要求、设计方法和过程。

1.2.1 机械产品的基本要求

机械产品(包括整机、部件和零件)的基本要求取决于其所处的位置、作用及工作条件等。其中主要考虑以下几个方面的基本要求。

1. 功能要求

功能要求是设计机械产品时应满足的最重要的要求。产品的功能不同,其设计要求不同,

设计结果也不同。如车床和铣床的功能不同,其机械结构、外形和使用方法也不同。又如:一般使用条件下的减速器,主要要求保证其转速、扭矩和稳定性等性能,但在航空器中所用的减速器,还要保证其体积、质量和功率性能。这就使得两者的设计目标和要求不同。

同样,机械产品中的每一个机构或零件也应满足其所承担的功能要求。

2. 寿命要求

各种机械产品都有一定的使用寿命,不同寿命的产品,其设计结果也不同。机械产品的寿命大体上是由于磨损、锈蚀等渐变的原因造成,它表现的形式是逐步蜕化。它的故障规律大体上也可以分为三个阶段:

第一个阶段是“磨合期”。一般机械产品都需要适当磨合一段时间才能正式使用。

第二个阶段是“使用期”。产品在适当磨合后就进入使用期,在这一时期内机械产品本身一般是不发生故障的。故障的发生往往是由于使用维护不当所造成,因此机械产品本身在使用期的故障率可以认为是零。

第三阶段是“蜕化故障期”。机械产品总是在不断磨损、锈蚀,它的缺陷如裂缝等会慢慢发展,如滚珠轴承的性能有一个规定的下限值,使用寿命超过规定时间后,轴承的性能就有可能低于下限,即进入蜕化故障期。

所以应科学合理地确定各种机械产品及其零部件的寿命,并按照寿命要求设计机械产品及其零部件。机械产品及其零部件必须能够在预定寿命期内正常使用。

3. 工艺性要求

通常,要求所设计的机械产品及其零部件要具有良好的工艺性。所谓良好的工艺性,是指在某种具体的生产规模和生产条件下,能用最少的生产成本制造出所设计的机械产品及零部件。生产成本包括材料成本、生产准备时间、工具及设备的使用成本、加工装配时间等整个生产过程的全部成本。生产规模指产品的产量和产值;生产条件指所使用的工具、加工设备和所采用的加工方法。

零部件的工艺性与整个机械产品的工艺性有时是统一的,有时是矛盾的。比如某一零件的工艺性好,但其装配方法复杂,调整较为困难,所以单个零件的工艺性要与整个机械产品的工艺性结合起来考虑。

设计机械零件时,要合理选择零件的材料,在满足功能的条件下,应选择成本低、便于加工的材料。要合理设计机械零件的结构,使零件便于加工、装配和调整。

机械产品及其零部件的工艺性问题是—个综合性问题,需要在专门的机械制造工艺课程中学习有关方面的知识。

4. 价格要求

在市场经济的条件下,商品的价格由市场决定。而机械产品的价格是其—在市场经济条件下有效地参与竞争的重要因素之一,因而降低每个零件的成本对整个机械产品的经济性是重要的。

因此,除机械产品与零部件的批量影响成本外,还应该在零件的材料选择、结构设计等方面充分考虑,最终降低整机的生产成本,提高市场竞争力。

5. 可靠性要求

任何机械产品及其零件都不能做到百分之百的不出故障,但要尽量提高它们的可靠性。机械的可靠性设计在机械设计中具有重要的作用,它对机械是否能够稳定的工作起决定性的作用。

可靠性是指“产品在规定时间内,在规定的使用条件下,完成规定功能的能力或性质”。可靠性的概率度量称为可靠度。机械可靠性,是指机械产品在规定的使用条件下、规定的时间内完成规定功能的能力。由于工程材料特性的离散性以及测量、加工、制造和安装误差等因素的影响,使机械产品的系统参数具有固有的不确定性,因此考虑这种固有随机性的可靠性设计技术至关重要。因此设计机器及零件时,应按合理的可靠性要求设计机械及其零件。

6. 人性化要求

机械产品的人性化设计是指产品根据人的行为习惯、人体的生理结构、人的思维方式等情况,进行设备运作和操作方式的研究。设计来自人的需求,各种常见的需求构成了产品设计的动力。在此类产品的应有功能之上,对机械组织形式或操作方式进行优化设计。使得操作者获得良好的用户体验,满足使用者习惯性的操作需要,创造出适应人体结构的使用方式。因此,设计机械产品时应充分考虑人与机械的联系,人性化设计是将人放在主要地位,使机械产品的操作符合人体工程学要求,体现出对操作者的尊重和保护,从而真正实现科技以人为本的目的。

7. 维护要求

设计机械产品时,要考虑机械产品的保养和维修方面的要求。维护是为了保持、延长或改善提高设备的机械性能而实施的技术活动,从某种程度上来讲,维修不只是排除故障,也是为了减少将来的投资,这对于改善技术力量,降低成本有非常重要的意义。比如设计者要考虑机械产品中的易损零件的更换,机械精度的定期校正以及维修时的拆装要求。

8. 标准化要求

标准化、系列化、通用化(简称“三化”)是现代机械设计工作的重要要求之一,“三化”对于降低机械产品制造成本、提高产品质量、实现国际化生产是非常重要的。

1.2.2 机械产品的常用设计方法

机械设计方法即根据机械设备的工作目的,结合工作原理、机械结构、运转方式、配件材料的形状、尺寸等进行整体设计和计算,并将其描述为具体的步骤,以作为机械制造依据过程的方式方法。按传统的分类方法,可将设计机械产品的方法分为以下几种。

1. 常规理论设计

根据常规设计理论和实验数据进行的设计称为理论设计。常规理论设计依据的是长期总结出来的设计方法,可以分为设计计算和校核计算两部分。这是后面各章中重点介绍的内容。

2. 类比设计

按照同类机构或零件的设计与使用实践,根据得出的经验公式或用类比的办法进行的设计称为类比设计。此类方法适用于仿制、改制、使用要求和结构形式已定型的典型机器和零件。例如,对于箱体类零件、机架类零件、传动零件的各种具体结构要素的设计就可以采取类比设计的方法。

3. 模型设计

模型实验设计是指按一定的比例,用性质相近的材料制做出机械的模型,经过实验分析后,再对模型进行修正的一种设计方法。

该方法适用于大型或结构复杂的重要的机械或零件的设计。对于一些尺寸巨大而结构又很复杂的重要零件,尤其是一些重型机械零件,为了提高设计质量,通常在模型实验设计中,把

零部件或机器做成小尺寸样机,经过实验对其各种特性进行检验,再根据实验结果对设计进行修改和完善。模型实验设计方法费时、成本昂贵,因此一般只适用于特别重要的机械设计,例如新型、重型的设备,飞机的机身,新型舰船的船体等。

4. 计算机辅助机械设计(CAD)

通过使用 CAD 应用软件,在计算机及其外围设备的辅助下进行的机械设计称为计算机辅助机械设计。目前该方法在国内外的机械设计中被大量采用。

还有其他一些现代设计方法,如:有限元法、最优化设计法、可靠性设计法、并行设计和虚拟设计等,这些方法将在本书最后进行介绍。

5. 创新机械设计

与实际的机械设计方法相似,常用的创新机械设计方法大致可以分为以下几种。

①综合创新:综合,就是将研究对象、现有理论、现有成果进行综合归纳,构思出新成果的一种方法。

②移植创新:所谓移植创新,就是利用、借鉴某一领域的科学技术成果或思想,用以变革或改进已有的事物或开发新产品。移植机械创新设计,就是利用其他的创新结构、原理改进所要进行的机械设计产品,形成机械创新的成果。

③概念创新:所谓概念创新,就是采用完全不同于旧有原理的概念实现原有功能,甚至进一步提高其功能的创新。比如:常规的机械切削加工一般是依靠刀具对工件的切削过程实现的,这种切削要求刀具的材料硬度必须大于工件的材料硬度。但有些情况下需要加工的工件硬度很高,一般的刀具无法完成这样的切削任务。为了解决这一问题,如果沿用常规的切削加工原理继续思考,很难找到解决的方法,或者即使能够制作出硬度很高的刀具,其成本也是很大的。为此,目前出现了激光加工、线切割、电火花加工等一系列新的加工方法。

④学科交叉创新:科学技术发展到今天,各门学科之间的融合越来越频繁,学科之间的联系日益密切。学科之间的交叉为创新思维提供了新概念、新原理、新方法,所谓的交叉边缘学科往往都是最为活跃的领域其实就说明了这一点。机械设计也是如此,当在创新设计过程中出现困难的时候,多学科的研究者进行交流与沟通可能就会产生突破性的进展。比如,仿生学在工程中的应用。人类从飞鸟想到开发出飞机,从蝙蝠的声呐探测开发出雷达系统,从对海豚皮肤的研究到人造海豚皮的发明。

⑤技术组合创新:所谓技术组合创新,就是通过将若干成熟的技术,通过有机的组合而形成一种具有新功能的创新设计成果。在这样的组合中,每一种技术都是成熟的、可靠的,设计时只要能够使各技术之间有效衔接,即可完成预定的功能,虽然单独看每个技术模块没有什么先进性和创新性,但组合起来后将具有整体的创新性。

1.2.3 机械产品设计的主要内容和过程

机械产品设计的任务来源与要求的不同,其设计内容也有所不同。

1. 按产品设计过程分

机械产品的设计过程一般为功能设计、方案设计、总体技术设计和施工设计。

(1) 机械产品功能设计

每个产品都具有特定的功能,这些功能是根据市场或客户对该产品的需求而制订的。功

能太多则必然使成本增加、操作复杂、利用率低;功能太少则不能满足市场或客户的要求。故在产品设计的初步阶段,必须使所设计的产品具备合理的功能,使产品在低成本、易操作的前提下,最大限度地满足市场或客户的要求。

(2) 机械产品方案设计

当产品的功能确定完成后,要在该基础上提出具体实现这些功能的技术方案,对不同的方案进行论证评价,找出最佳方案,给出具体参数。

(3) 机械产品总体技术设计

根据方案设计的结果和具体参数,设计产品的具体结构,包括产品的总体装配图、部件图、零件图,并按照设计准则,对重要零部件的强度、刚度、振动稳定性、可靠性等进行校核和设计。对设计结果还要进行评价和论证。

(4) 机械产品施工设计

机械产品总体技术设计完成后,要制造样机,并为产品的正式生产做好技术准备。主要是针对生产制造的工艺图纸、零件清单、技术文件。

2. 按产品的形成过程分

机械产品的形成过程分为初步设计、试制设计和定型设计三个阶段。

(1) 机械产品初步设计

对新产品的开发性设计工程中,初步设计的结果往往是产品的设计图纸。这一阶段属于机械产品初步设计阶段。该阶段还要对产品设计结果进行评价并修改。

(2) 机械产品试制设计

根据机械产品初步设计结果,要进行产品的样机试制。在这一阶段,要针对制造中发现的问题随时进行修改。样机制造完成后,对样机进行测试。根据测试的结果和评价,对设计图纸和制造工艺进行修改,使样机的功能和性能达到规定的设计标准要求。

(3) 机械产品定型设计

产品的样机试制完成并达到设计要求后,产品将进入到定型设计阶段。该阶段是为批量化的正式生产做技术准备。主要包括产品的国家标准的贯彻、生产工程的工艺装备系统、质量保证系统、维修维护系统等。

具体的设计内容和过程要根据具体情况来定。现代设计方法的内容和过程往往是并行的、交叉的和互为反馈的。

1.3 机械零件的失效形式和设计准则

机械零件设计,是机械设计基础要研究的主要课题之一。机械零件的设计是按照一定的准则进行的,而机械零件设计准则通常是根据零件的失效形式制订的。所以本节研究机械零件的主要失效形式和常用计算准则。

1.3.1 机械零件常见的失效形式

机械零件丧失了规定的功能称为失效,保证机械设备具有规定功能的主要因素之一是能够进行正常工作的机械零件。因此机械设计的最主要目标之一就是使所设计的零件在工作中