

高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

唐昌松 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com

赠 电 子 课 件

高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编	唐昌松			
副主编	娄天祥	刘 娟	邵 卫	
参 编	程 琴	孟宝星	周 波	
主 审	李荣兵			



机械工业出版社

本书是在编写团队近年来课程教学改革实践的基础上,依据高职高专人才培养要求、企业产品设计流程及学生认知规律编写而成的。教材注重理论与实际应用相结合,注重学生能力的培养与职业素质的养成。内容包括常用机构的运动分析与设计、工程构件的受力分析与承载能力设计、常用机械传动装置的分析与设计、典型零部件的设计与选用四大模块。在各模块中,根据职业岗位要求,构建相应教学情境,每个教学情境后均提供有知识巩固与能力训练题,书后还附有部分参考答案。同时,对于编写的创新思维及机械创新常用技法内容,可根据教学实际灵活穿插安排创新实践环节,有助于培养学生创新能力。

本书结构清晰、图例丰富、综合性强,适合高职高专机械类、机电类专业使用,也适合有关工程技术人员参考,并可作为社会职业教育培训教材。

本书配有教学课件,凡使用本书作为教材的老师,可登录机械工业出版社教材服务网 <http://www.cmpedu.com> 注册后下载。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/唐昌松主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-45322-2

I. ①机… II. ①唐… III. ①机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 317097 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰 王丹凤

版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟 任秀丽

责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·23.75 印张·585 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45322-2

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

“机械设计基础”是机械、机电类专业的主要专业基础课，在高职高专人才培养中占有十分重要的地位。本书是在编写团队近年来课程教学改革实践的基础上，依据高职高专人才培养要求、企业机械产品设计流程及学生特点编写而成的。

本书有以下几方面特点：

(1) 教材内容精心优化重组为“常用机构的运动分析与设计、工程构件的受力分析与承载能力设计、常用机械传动装置的分析与设计、典型零部件的设计与选用”四大模块，符合企业产品设计工作流程及学生认知规律。

(2) 根据职业岗位工作要求，在每一模块中构建相应的教学情境，并明确教学情境的学习目标（能力目标、知识目标与素质目标）和学习内容。

(3) 注重案例导入。通过案例导入教学情境，且在情境中融合大量的工程或生活应用实例，理论与实际应用相结合，以培养学生工程意识，提升解决实际问题的能力和工程素养。

(4) 注重课内与课外相结合。每个教学情境后均提供有知识巩固与能力训练题，便于学生课后进一步的知识巩固与能力提升训练，并附有部分参考答案于附录中。

(5) 注重学生创新能力的培养及创新素质的养成。结合教材编写团队近年来课程改革过程中的创新教学实践经验，专门编写创新思维及机械创新常用技法（见附录A），可根据教学实际灵活穿插安排创新实践环节，有助于培养学生创新能力。

本书由唐昌松任主编，娄天祥、刘娟、邵卫任副主编，程琴、孟宝星、周波参加编写，李荣兵任主审。感谢任海东、丁海港、马士良老师提供的部分素材以及无锡盛达机械制造有限公司赵武总工程师提供的指导性建议及部分实例。全书由唐昌松统稿。

本书配有教学课件，凡使用本书作为教材的老师，可登陆机械工业出版社教材服务网 <http://www.cmpedu.com> 注册后下载。

同时，在本书的编写过程中，编者借鉴、参考了有关书籍及其他资料的相关内容，在此对相关人员和作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏或不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论——机械设计的认知分析

案例导入	1
0.1 机器的特征及其组成	2
0.2 机械设计的基本要求及一般过程	4

0.3 机械零件常用材料及其选用	6
0.4 本课程的内容及任务	9
小结	10
知识巩固与能力训练题	10

模块一 常用机构的运动分析与设计

学习情境一 平面机构运动简图的

绘制及自由度分析

案例导入	12
1.1 运动副及其分类	12
1.2 平面机构运动简图的绘制	14
1.3 平面机构的自由度分析与计算	18
小结	22
知识巩固与能力训练题	23

学习情境二 平面连杆机构的运动

分析与设计

案例导入	26
2.1 平面连杆机构的特点及其应用	27
2.2 平面四杆机构的类型及其应用	28
2.3 平面四杆机构的工作特性及其应用	34

2.4 平面四杆机构的设计	38
小结	42
知识巩固与能力训练题	43

学习情境三 凸轮机构和间歇运动机构的 运动分析与设计

案例导入	45
3.1 凸轮机构的组成、应用及分类	46
3.2 凸轮机构的工作过程及从动件的 运动规律	48
3.3 凸轮轮廓曲线的设计	52
3.4 常见间歇运动机构的工作原理 及应用	56
小结	62
知识巩固与能力训练题	63

模块二 工程构件的受力分析与承载能力设计

学习情境四 静力学公理及工程构件

受力图的绘制

案例导入	66
4.1 静力学的基本概念	66
4.2 静力学公理及其应用	67
4.3 工程构件的常见约束及约束反力	70
4.4 工程构件受力图的绘制	72
小结	75
知识巩固与能力训练题	75

学习情境五 力系的合成与

平衡分析

案例导入	78
5.1 平面汇交力系的合成与平衡分析	79

5.2 力对点之矩及合力矩定理的应用	81
5.3 力偶及平面力偶系的合成与平衡 分析	82
5.4 平面任意力系的简化与平衡分析	85
5.5 物体系统的平衡分析	91
5.6 考虑摩擦时的平衡问题分析	94
5.7 空间力系的合成与平衡分析	98
小结	103
知识巩固与能力训练题	104

学习情境六 工程构件轴向拉伸与

压缩的承载能力设计

案例导入	109
6.1 构件承载能力与杆件变形形式	110

6.2 轴向拉伸或压缩的轴力、轴力 图及应力计算	111	8.1 扭转的工程实例及概念	130
6.3 材料在拉伸与压缩时的力学性能	114	8.2 外力偶矩的计算、扭矩和扭矩图	130
6.4 轴向拉伸或压缩时的强度计算	117	8.3 圆轴扭转时的应力计算和强度条件	133
6.5 轴向拉伸或压缩时的变形计算	119	8.4 圆轴扭转时的变形计算和刚度条件	135
小结	121	小结	138
知识巩固与能力训练题	121	知识巩固与能力训练题	139
学习情境七 工程构件剪切与挤压的 承载能力设计	124	学习情境九 工程构件弯曲的承载 能力设计	141
案例导入	124	案例导入	141
7.1 剪切的工程实例及应用计算	125	9.1 弯曲的工程实例和概念	142
7.2 挤压的工程实例及应用计算	126	9.2 弯曲的内力计算及剪力图和 弯矩图的绘制	143
小结	127	9.3 横梁弯曲的应力计算和强度条件	148
知识巩固与能力训练题	128	9.4 横梁弯曲的变形计算和刚度条件	154
学习情境八 工程构件扭转的承载 能力设计	129	9.5 提高横梁弯曲承载能力的措施	159
案例导入	129	小结	160
		知识巩固与能力训练题	161
模块三 常用机械传动装置的分析与设计			
学习情境十 带传动和链传动的 分析与设计	164	11.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合 分析	202
案例导入	165	11.5 渐开线齿轮的加工方法	204
10.1 带传动的类型及特点	165	11.6 齿轮的失效形式、设计准则、 材料及结构	208
10.2 V带的结构及规格	167	11.7 直齿圆柱齿轮的受力分析与 强度计算	214
10.3 V带轮的材料及结构	170	11.8 斜齿圆柱齿轮传动分析与 强度计算	221
10.4 V带传动的工作能力分析	174	11.9 直齿锥齿轮传动分析与强度计算	227
10.5 V带传动的设计	176	11.10 蜗杆传动分析与强度计算	231
10.6 带传动的张紧、安装与维护	184	小结	244
10.7 同步带传动的特点、类型及规格	186	知识巩固与能力训练题	245
10.8 链传动的特点、类型、使 用与维护	188	学习情境十二 轮系传动比的 计算及应用	248
小结	190	案例导入	248
知识巩固与能力训练题	190	12.1 轮系的定义及分类	249
学习情境十一 齿轮传动的分析与 设计	193	12.2 轮系传动比的计算	250
案例导入	194	12.3 轮系的应用	255
11.1 齿轮传动的特点、类型及齿廓 啮合基本定律	194	12.4 新型轮系的特点及应用	257
11.2 渐开线齿廓及其啮合特点	197	小结	259
11.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分 名称及其几何尺寸	199	知识巩固与能力训练题	259

模块四 典型零部件的设计与选用

学习情境十三 轴的结构与承载	类型与选用	308
能力设计	案例导入	308
案例导入	15.1 螺纹联接的类型与选用	309
13.1 轴的类型及材料	15.2 联轴器、离合器和制动器的 类型与选用	319
13.2 轴的结构设计	15.3 键联接和销联接的类型与选用	326
13.3 轴的承载能力设计	15.4 铆接、胶接、焊接和过盈联接的 特点与应用	331
13.4 轴的设计实例	15.5 弹簧的类型与应用	333
小结	小结	337
知识巩固与能力训练题	知识巩固与能力训练题	337
学习情境十四 轴承的选用与 组合设计	附录	339
案例导入	附录 A 创新思维及机械创新常用技法	339
14.1 滚动轴承的结构、类型和代号	附录 B Y 系列三相异步电动机 技术参数	356
14.2 滚动轴承的选择	附录 C 常用滚动轴承技术参数	358
14.3 滚动轴承的设计计算	附录 D 工业常用润滑油和润滑脂	361
14.4 滚动轴承的组合设计	附录 E 知识巩固与能力训练题 参考答案（部分）	363
14.5 滑动轴承的类型、材料与润滑	参考文献	371
小结		
知识巩固与能力训练题		
学习情境十五 常用联接件的		

绪论——机械设计的认知分析

能力目标

- 1) 能够从结构和功能的角度分析机器与机构。
- 2) 能够正确选用机械零件所需的材料。
- 3) 能够初步具备机械设计的工程意识。

知识目标

- 1) 掌握机器的特征及其组成。
- 2) 掌握机械设计的基本要求及一般过程。
- 3) 掌握机械零件常用材料及其选用。
- 4) 了解本课程的内容及任务。

素质目标

- 1) 培养积极主动的学习态度。
- 2) 养成严谨细致的工作作风。
- 3) 培养团队精神与协作意识。
- 4) 具有创新精神与工程意识。

学习内容

- 0.1 机器的特征及其组成
- 0.2 机械设计的基本要求及一般过程
- 0.3 机械零件常用材料及其选用
- 0.4 本课程的主要内容及任务

案例导入

在日常生活和工程实践中,人们为了减轻劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率,创造了各种机器,如洗衣机、缝纫机、内燃机、拖拉机、破碎机、金属切削机床、起重机、包装机、复印机等。图 0-1、图 0-2 分别为内燃机和颚式破碎机的结构示意图。随着科技的发展,产品的种类日益增多,性能不断改进,功能日趋完善。机械产品的设计、制造和应用水平已成为衡量一个国家的科技水平和现代化程度的重要标志之一。

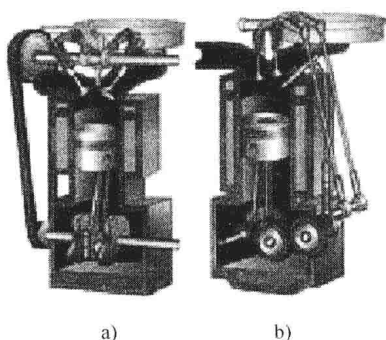


图 0-1 内燃机

a) 汽油机 b) 柴油机

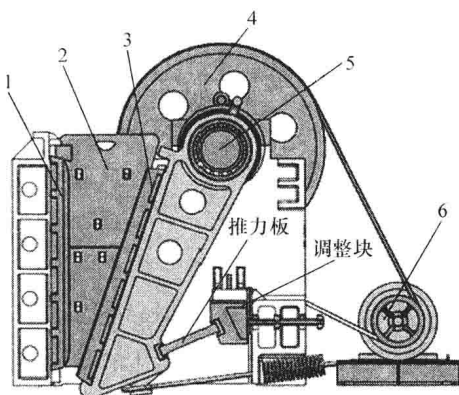


图 0-2 颚式破碎机

1—静颚板 2—边护板 3—动颚板
4—带轮 5—偏心轴 6—电动机

0.1 机器的特征及其组成

0.1.1 机器的特征

机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置，它用于完成一定的工作过程，以代替或减轻人类的劳动。

图 0-1 所示的内燃机，是将燃气燃烧时的热能转化为机械能的机器。其工作过程：活塞下行，进气阀打开，燃气被吸入气缸→活塞上行，进气阀关闭，压缩燃气→点火后燃气燃烧膨胀，推动活塞下行，经连杆带动曲轴输出转动→活塞上行，排气阀打开，排出废气。

图 0-2 所示的颚式破碎机是用于压碎物料的机器。其工作过程：电动机→带传动→偏心轴转动→动颚板摆动，并与静颚板一起压碎物料。

从上述例子以及对其他不同机器的分析可以得到机器的共同特征：①都是许多人为实物的组合；②各实物之间具有确定的相对运动；③能完成有用的机械功或转换机械能。

0.1.2 机器的组成

尽管机器的种类繁多，它们的用途、性能、构造和工作原理各不相同，但它们的组成从功能角度而言，主要由以下部分组成：

1. 动力部分

动力部分的功能是将其他形式的能量变换为机械能（如内燃机和电动机分别将热能和电能变换为机械能）。动力部分是驱动整部机器以完成预定功能的动力源，如汽车的发动机、洗衣机的电动机等。

2. 传动部分

传动部分的功能是把动力部分的运动形式、运动和动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动和动力参数，如汽车的变速器、机床的主轴箱、起重机的减速器等。

3. 执行部分

执行部分的功能是利用机械能变换或传递能量、物料、信号、性质、状态、位置等,如汽车的车轮、风扇的叶片、起重机的吊钩、机床的刀架、飞机的尾舵和机翼以及轮船的螺旋桨等。

以上三部分需安装在支承部件上。另外,为了使机器协调工作,并更加准确、可靠地完成整体功能,有些机器上还增加控制部分和辅助部分。如汽车的方向盘、转向系统、排挡杆、离合器踏板、节气门(俗称油门)、显示仪表和刮水器等。

0.1.3 机构

从结构上看,机器的传动部分和执行部分又是由若干机构组成的。机构是实现预期机械运动的各实物的组合体。一部机器可以包含一个机构,也可以包含几个机构。图 0-3 所示为内燃机上的曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构。

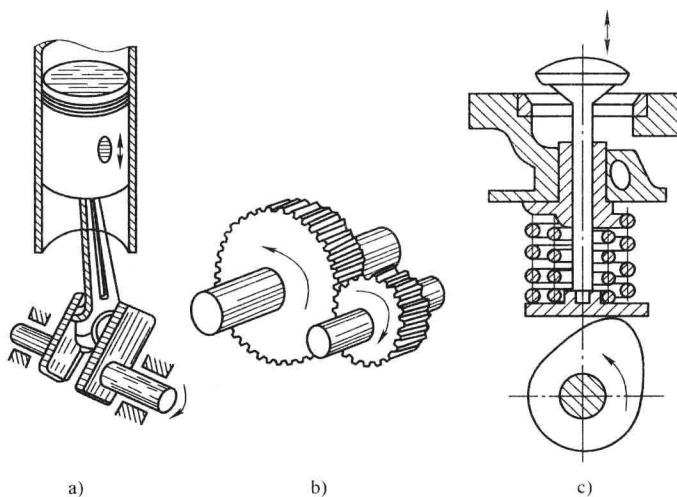


图 0-3 内燃机中的机构

a) 曲柄滑块机构 b) 齿轮机构 c) 凸轮机构

尽管不同机器上常具有不同的机构,实现不同的作用,具备不同的工作原理,但机构具有的共同特征是:①人为实物的组合体;②各实物间有确定的相对运动。

0.1.4 构件、零件和部件

若从运动的观点来研究机器,机器由机构组成,而机构由若干构件组成,如内燃机曲柄滑块机构由曲轴、活塞、气缸体和连杆等构件组成,机构中各构件之间具有确定的相对运动。

1. 构件

构件是运动的单元,是由一个或几个零件组装而成的。零件是制造的基本单元,一个机构由若干零件组成。如内燃机曲柄滑块机构中的连杆构件由连杆体 1, 连杆盖 2, 轴瓦 3、4、5, 螺栓 6, 螺母 7 和定位销 8 等零件组成,如图 0-4 所示。

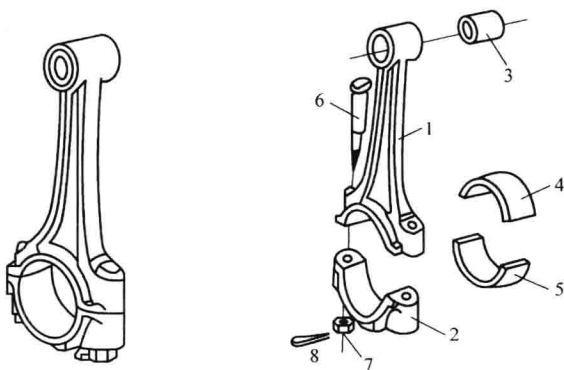


图 0-4 连杆及其组成

1—连杆体 2—连杆盖 3、4、5—轴瓦 6—螺栓 7—螺母 8—定位销

2. 零件

零件可分为两类：

(1) 通用零件 通用零件是各类机械中常见的零件，如齿轮、链条、带、轴、螺栓、键、销、弹簧和轴承等。

(2) 专用零件 专用零件是专用机械中特有的零件，如叶片、犁铧、曲轴和吊钩等。

3. 部件

工程中常把组成机器的某一部分的零件组合体称为部件，如减速器、变速器、联轴器、离合器和制动器等。这些部件用以完成特定的工作，企业往往把它们独立加工装配。

通常把能实现确定机械运动，又能做有用的机械功或实现能量、物料、信息的传递与变换的装置称为机器，而把只能实现运动和力的传递与变换的装置称为机构，机器和机构统称为机械。

0.2 机械设计的基本要求及一般过程

0.2.1 机械设计的基本要求

机械设计的最终目的是为用户提供优质高效、物美价廉的产品，在市场竞争中取得优势，获得良好的经济效益。产品的质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平，而产品设计则是关键。机械设计应满足以下基本要求：

1. 满足社会需求

机械产品的设计要以社会需求为前提，没有需求就没有市场，也就失去了产品存在的价值和依据。社会需求是变化的，不同时期、不同地点、不同的社会环境就会有不同的市场行情和需求。产品应不断地更新改进，适应市场的变化，否则就会滞销、积压，造成浪费，影响企业的经济效益，严重时甚至导致企业的倒闭。所以，产品的设计必须确立市场观念，以社会需求和为用户服务作为最基本的出发点。

2. 可靠性要求

可靠性是指产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力，是衡量产品质量的一

个重要指标。这里所指的“产品”可以是零件、部件等，也可以是整机系统。“规定条件”是指对产品进行可靠性考核时，规定的使用条件和环境条件，包括载荷状况、工作制度、应力、强度、湿度、粉尘及腐蚀等，也包括操作规程、维修方法等。“规定时间”是指对产品可靠性考核时所规定的时间，包括运行时间、应力循环次数、行驶的里程等。“规定功能”是指对产品考核的具体功能。产品规定功能的丧失称为失效；可修复产品的失效也称为故障。

3. 经济性要求

提高产品的经济性，既是增加产品市场竞争力、赢得用户的需要，也是节约社会劳动、提高社会效益的需要。提高产品的经济性是以寿命周期成本最低为目标的。机械设计必须进行市场调查和用户访问，恰到好处地利用功能原则，提高功能价值，降低实现成本，力求提高产品的竞争力。提高产品经济性的途径主要包括：提高设计、制造的经济性以及提高使用和维修的经济性等。

4. 安全性要求

产品安全性包括两方面：机器执行预期功能的安全性与人-机-环境系统的安全性。

(1) 机器执行预期功能的安全性 机器执行预期功能的安全性，即机器运行时系统本身的安全性，如满足必要的强度、刚度、稳定性、耐磨性等要求。因此，在设计时必须按有关规范和标准进行。另外，为了避免机器由于意外原因造成故障或失效，常需要配置过载保护、安全互锁等装置。

(2) 人-机-环境系统的安全性 机器是为人类服务的，同时它又在一定的环境中工作，人、机、环境三者构成一个特定的系统。机器工作时不仅机器本身应具有良好的安全性，而且对使用机器的人员及周围的环境也应有良好的安全性。

0.2.2 机械设计的类型

机械设计是一项创造性劳动，同时也是对已有成功经验的继承过程，根据实际情况的不同可以分成三种类型。

1. 开发性设计

机械产品的工作原理和具体结构等完全未知的情况下，应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术，开发设计新产品，这是一种完全创新的设计。

2. 适应性设计

对现有机械产品的工作原理、设计方案不变的前提下，仅作局部变更或增加附加功能，在结构上作相应调整，使产品更能满足使用要求。

3. 变形设计

机械产品的工作原理和功能结构不变，为了适应工艺条件或使用要求，改变产品的具体参数和结构。

0.2.3 机械设计的一般过程

机械设计的过程是一个复杂的过程，不同类型的产品，其产品的设计过程不尽相同。机械产品开发性设计的一般过程大致包括：规划设计、方案设计、技术设计、样机试制及批量正式生产等阶段。

1. 规划设计阶段

产品设计阶段是一项为实现预定目标的有目的的活动,因此正确地规划设计是产品设计成功的基础。明确设计任务包括:分析所设计机械系统的用途、功能、各种技术经济性能指标和参数范围,预期的成本范围等,并认真进行市场调查研究、收集材料,进行可行性分析,提出可行性论证报告和设计任务书。设计任务书应尽可能地详细具体,包括主要的功能指标,它是以后产品设计、评审、验收的依据。

2. 方案设计阶段

根据设计任务书,通过调查研究和必要的分析(还可能需要进行原理性的试验),提出机械的工作原理,进行必要的运动学设计(一般是初步的、粗略的)。方案设计对机械系统的制造和使用都有很大的影响,因此,常需作出几个方案加以分析、对比和评价,作出决策,确定出最佳方案。提出方案的原理图和机构运动简图,图中应有必要的最基本的参数。

3. 技术设计阶段

技术设计又称为结构设计,其任务是根据总体规划设计的要求,确定机械系统各零部件的材料、形状、数量、空间相互位置、尺寸、加工和装配,并进行必要的强度、刚度、可靠性设计。若有几种方案时,需进行评价决策最后选择最优方案。技术设计时还要考虑加工条件、现有材料、各种标准零部件、相近机器的通用件。技术设计是保证质量、提高可靠性、降低成本的重要工作。技术设计还需绘制总装配图、部件装配图、编制设计说明书等。技术设计是从定性到定量、从抽象到具体、从粗略到详细的设计过程。

4. 样机试制阶段

样机试制阶段是通过样机制造、样机试验,检查机械系统的功能及整机、零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等方面的性能,随时检查及修正设计图样,以更好地满足设计要求。

5. 批量正式生产阶段

批量正式生产阶段是根据样机试验、使用、测试、鉴定所暴露的问题,进一步修正设计,以保证完成系统功能,同时验证各工艺的正确性,以提高生产率、降低成本,提高经济效益。

产品设计过程是智力活动过程,它体现了设计人员的创新思维活动,设计过程是逐步逼近解答方案并逐步完善过程。设计过程中要有全局观点,不能只考虑设计对象本身的问题,而要把设计对象看作一个系统,处理人-机-环境之间的关系;要善于运用创造性思维和方法,注意考虑多方案解答,避免解答的局限性;设计的各阶段应有明确的目标,注意各阶段的评价和优选,以求出既满足功能要求又有最大实现可能的方案;要注意反馈及必要的工作循环。

0.3 机械零件常用材料及其选用

0.3.1 机械零件常用材料

机械零件最常用的材料是钢和铸铁,其次是有色金属合金,非金属材料如塑料、橡胶等在机械制造中也得到广泛的应用。

1. 金属材料

(1) 钢 钢的强度较高,塑性较好,可适当选取轧制、锻造、冲压、焊接和铸造等方法加工各种机械零件,并且可以用热处理和表面处理方法提高力学性能,因此钢的应用较广泛。钢的类型很多,按用途钢可分为结构钢、工具钢和特殊用途钢。结构钢可用于加工机械零件和各种工程结构;工具钢可用于制造各种刀具、模具等;特殊用途钢(不锈钢、耐热钢和耐腐蚀钢等)主要用于特殊的工况条件下。按化学成分钢可分为碳素钢和合金钢。其中,碳素结构钢包括普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。碳素结构钢的性能主要取决于含碳量,含碳量越多,其强度越高,但塑性越低。低碳钢中碳的质量分数低于0.25%,其强度极限和屈服强度较低,塑性很高,焊接性好,通常用于制作螺钉、螺母、垫圈和焊接件等。碳的质量分数在0.3%~0.5%之间的中碳钢,其综合力学性能较好,因此可用于制造受力较大的螺栓、螺母、键、齿轮和轴等零件。碳的质量分数在0.6%~0.7%之间的高碳钢具有高的强度和刚性,通常用于制作普通的板弹簧、螺旋弹簧和钢丝绳。合金结构钢是在碳素结构钢中加入某些合金元素冶炼而成,加入不同的合金元素可改变钢的力学性能并具有各种特殊性质。例如,铬能提高钢的硬度,并在高温时防锈耐酸;镍使钢具有良好的淬透性和耐磨性。但合金钢较碳素钢价格高,对应力集中亦较敏感,因此只在碳素钢难以胜任工作时才考虑采用。

(2) 铸铁 常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、可锻铸铁、合金铸铁等。其中灰铸铁和球墨铸铁具有适当的易熔性和良好的液态流动性,可铸成形状复杂的零件,在机械产品中应用较广。灰铸铁的抗压强度高,耐磨性、减振性好,对应力集中的敏感性小,价格便宜,但其抗拉强度较钢差,常用作机架或壳座。球墨铸铁强度较灰铸铁高且具有一定的塑性,球墨铸铁可代替铸钢和锻钢用于制造曲轴、凸轮轴、液压泵齿轮和阀体等。

(3) 有色金属合金 有色金属合金具有良好的减摩性、磨合性、抗腐蚀性、抗磁性、导电性等特殊的性能。在工业中应用最广的是铜合金、轴承合金和轻合金,但有色金属合金价格贵。铜合金有青铜与黄铜之分,黄铜是铜与锡的合金,它具有很好的塑性和流动性,能辗压和铸造各种机械零件;青铜有锡青铜和无锡青铜两类,它们的减摩性和抗腐蚀性均较好。巴氏合金为铜、锡、铅、锑的合金,其减摩性、导热性、抗胶合性较好,但强度低且较贵,主要用于制作滑动轴承的轴承衬。

2. 非金属材料

非金属材料是现代工业和高技术领域不可缺少和占有重要地位的材料。机械制造中应用的非金属材料种类很多,有橡胶、塑料、复合材料、陶瓷、木料和皮革等。

(1) 橡胶 橡胶富有弹性,有较好的缓冲、减振、耐热、绝缘等性能,常用作联轴器 and 减振器的弹性装置、橡胶带及绝缘材料等。常用橡胶材料有天然橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶和丁腈橡胶等。

(2) 塑料 塑料密度小,易制成形状复杂的零件,而且各种不同塑料具有不同的特点,如耐蚀性、减摩性、耐磨性、绝热性、抗振性等。常用塑料包括聚氯乙烯、聚烯烃、聚苯乙烯、酚醛和氨基塑料。目前,某些齿轮、蜗轮、滚动轴承的保持架和滑动轴承的轴承衬均有使用塑料制造的。但一般工程塑料耐热性能较差,而且易老化而使性能逐渐变差。

(3) 复合材料 复合材料是将两种或两种以上不同性质的材料,通过不同的工艺方法人工合成的材料,它既可以保持组成材料各自原有的一些特性,又可具有组合后的新特性,

这样就可根据零件对于材料性能的要求进行材料配方的优化组合,如导电性塑料、光导纤维、绝缘材料等。近年来,以材料的功能复合目的出发,应用于光、热、电、阻尼、润滑、生物等方面新的复合材料的不断问世,复合材料的应用范围正得到不断地扩大。

(4) 陶瓷材料 陶瓷材料具有高的熔点,在高温下有较好的化学稳定性,适宜用作高温材料。因此现代机械装置特别是高温机械部分,使用陶瓷材料将是一个重要的研究方向。此外,高硬度的陶瓷材料,具有摩擦因数小、耐磨、耐化学腐蚀、密度小、线膨胀系数小等特性,因此可用于精密加工的机械零件。

0.3.2 机械零件材料的选用

在产品设计时,从各种各样的材料中选择出合适的材料,是一项受到多方面因素制约的工作,通常应考虑以下因素,并遵循一定的选用原则。

1. 零件的工作条件

在腐蚀介质中工作的零件,应选用耐腐蚀材料;在高温下工作的零件,应选耐热材料;在湿热环境下工作的零件,应选防锈能力好的材料,如不锈钢、铜合金等。零件在工作中有可能发生磨损之处,要提高其表面硬度,以增强耐磨性,应选择适于进行表面处理的淬火钢、渗碳钢、氮化钢。金属材料性能可通过热处理和表面强化(如喷丸、滚压等)来提高和改善,因此要充分利用热处理和表面处理的手段来发挥材料的潜力。

2. 载荷的性质

对于承受拉伸载荷为主的零件宜选用钢材,承受压缩载荷的零件应选铸铁。脆性材料原则上只适用于制造承受静载荷的零件,承受冲击载荷时应选择塑性材料。

3. 零件的尺寸及质量

零件的尺寸大小及质量的好坏与材料的品种及毛坯制取方法有关。对外形复杂、尺寸较大的零件,若考虑用铸造毛坯,则应选用适合铸造的材料;若考虑用焊接毛坯,则应选用焊接性能较好的材料;尺寸小、外形简单、批量大的零件,适于冲压和模锻,所选材料就应具有较好的塑性。

4. 经济性

选择零件材料时,当用价格低廉的材料能满足使用要求时,就不应选择价格高的材料,这对于大批量制造的零件尤为重要。此外,还应考虑加工成本及维修费用。对于小批量制造的零件,应尽可能减少同一部设备上使用材料的品种和规格,使其综合经济效益最高。

0.3.3 机械零件的失效形式及设计准则

机械零件在使用过程中,常发生下列失效形式:

1. 断裂失效

零件在外载荷作用下,某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时,就会造成断裂失效。在变应力作用下,长时间工作的零件容易发生疲劳断裂。由于超载、超温、腐蚀、疲劳、氢脆和蠕变等原因,也可造成零件断裂失效。零件的断裂失效对机械产品造成的危害最大。

2. 变形失效

零件受载荷作用后发生变形,过度的变形会使零件的机械精度降低,造成较大的振动,引起零件的失效。当作用在零件上的应力超过了材料的屈服强度,零件会产生塑性变形,甚

至发生断裂。在高温、载荷的长期作用下,零件会发生蠕变变形,造成零件的变形失效。

3. 表面损伤失效

零件在长期工作中,由于磨损、腐蚀、磨蚀、接触疲劳等原因,造成零件尺寸变化超过了允许值而失效,或者由于腐蚀、冲刷、气蚀等而使零件表面损伤失效。例如,齿轮表面由于接触疲劳产生麻点剥落而失效等。

4. 材质变化失效

由于冶金元素、化学作用、辐射效应、高温长时间作用等引起零件的材质变化,使材料性能降低而发生失效。

5. 破坏正常工作条件而引起的失效

有些零件只有在一定条件下才能正常工作。如带传动,只有当传递的有效圆周力小于临界摩擦力时,才能正常工作;液体摩擦的滑动轴承只有存在完整的润滑油膜时,才能正常工作。如果这些条件被破坏,将会发生失效。

为此,针对零件的失效形式,在产品设计时,需选用适当的设计准则。常用的设计准则有强度准则、刚度准则、耐磨性准则、振动稳定性准则、可靠性准则、寿命准则及精度准则等。例如,其中的强度准则要求机械零件的工作应力不超过许用应力,刚度准则要求零件受载荷后的弹性变形量不大于允许弹性变形量等。

0.4 本课程的内容及任务

0.4.1 本课程的内容

本课程是一门介绍机械设计基本知识、基本理论和基本方法,并对学生设计能力、创新能力、工程意识等进行培养训练的一门重要的专业技术基础课。本课程的内容主要包括以下几个方面:

(1) 机械设计的认知分析 主要学习机械系统的组成及结构、机械设计的基本要求及一般过程、机械零件的常用材料及其选用等。

(2) 常用机构的运动分析与设计 主要学习机械中常用机构的组成、工作原理、运动特性、动力特性以及设计的基本原理和方法。

(3) 工程构件承载能力的分析与设计 主要学习工程构件在力作用下的平衡问题,确定各未知力的大小和方向,并对工程构件在不同承载情况下进行分析,为产品确定合理的材料、截面形状和尺寸,以达到既安全又经济的目的。

(4) 常用机械传动装置的分析与设计 主要学习机械中常用机械传动装置的工作原理、结构特点和运动特性,以及设计的基本原理、流程和方法。

(5) 典型零部件的设计与选用 主要学习机械中典型零部件的工作原理、结构特点、选用、设计原理和方法。

(6) 机械创新设计方法 主要介绍创新思维及创新能力的培养,以及机械创新设计的常用技法。

0.4.2 本课程的任务

本课程的主要任务是:

1) 认识和了解机械系统的组成和结构,了解机械设计的基本要求、一般过程以及机械零件常用材料的选用方法。

2) 掌握常用机构、传动装置及典型零部件的结构、工作原理、设计与选用方法,具备一定的分析、设计与选用能力。

3) 能够正确分析构件的承载情况,并合理确定产品的材料、截面形状和尺寸。

4) 培养运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

5) 了解机械创新设计方法,具备一定的创新意识和创新能力。

6) 培养解决实际工程问题的能力,提升职业素质。

小结

1. 机器的特征及其组成

1) 机器的含义及其特征。

2) 机器的组成:动力部分、传动部分、执行部分等。

3) 机构的含义及其特征。

4) 构件、零件、部件的含义。

2. 机械设计的基本要求及一般过程

1) 机械设计的基本要求:满足社会需求、可靠性要求、经济性要求、安全性要求等。

2) 机械设计的一般过程:规划设计、方案设计、技术设计、样机试制及批量正式生产等阶段。

3. 机械零件常用材料及其选用

1) 机械零件常用材料:金属材料(钢、铸铁、有色金属合金等)与非金属材料(橡胶、塑料、复合材料、陶瓷等)。

2) 机械零件材料选用需考虑的因素及选用原则。

3) 机械零件的失效形式及设计准则。

4. 本课程的内容及任务

知识巩固与能力训练题

0-1 复习思考题。

1) 机器应具有什么特征?机器通常由哪几个部分组成?各部分功能是什么?

2) 机器与机构有什么异同点?

3) 什么是构件?什么是零件?什么是通用零件和专用零件?试各举两个实例。

0-2 指出下列机器的动力部分、传动部分、执行部分及控制部分。

1) 汽车;2) 自行车;3) 洗衣机;4) 吊扇;5) 缝纫机。

0-3 试述机械零件常用材料及其选用原则。

0-4 试选取一个机械产品,分析该产品设计时应满足的基本要求。