



高等教育“十二五”规划教材
•工科专业平台基础课程系列•

机械设计

JIXIE SHEJI
JICHU YU YINGYONG

基础与应用

于 辉 张俊玲 主 编
邹玉清 陈 波 副主编



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

© 高等教育“十二五”规划教材·工科专业平台基础课程系列

机械设计基础与应用

于 辉 张俊玲 主 编
邹玉清 陈 波 副主编

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书是依据教育部制定的《机械设计基础课程教学基本要求》，结合近年来课程改革和学科发展的实际情况编写而成的。

本书突出了高等教育的特点，结合相关专业人才培养方案，从“案例分析”入手，将传统《机械设计基础》的内容进行了重构，科学整合后变为 11 个单元，即机械结构分析与设计概述、平面连杆机构分析与设计、凸轮机构分析与设计、其他常用机构分析与设计、带传动、链传动的分析与设计、齿轮传动分析与设计、轴毂和轴间联接分析与设计、螺纹联接分析与设计、轴承的设计与选择、轴的结构分析与设计、电动机的选择及动力参数分配。各单元附有知识总结和思考与训练题，并在书后附有部分训练题解答要点供学习参考。

本书可作为应用型本科院校、高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校的二级职业技术学院机械、机电及近机类专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础与应用/于辉，张俊玲主编. —北京：北京交通大学出版社，2013.9

(高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5121-1656-6

I. ①机… II. ①于… ②张… 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 219739 号

策划编辑：刘 辉 责任编辑：刘 辉

出版发行：北京交通大学出版社

电话：010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编：100044

印刷者：北京时代华都印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印张：23 字数：574 千字

版 次：2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5121-1656-6/TH·52

印 数：1~3 000 册 定价：39.00 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043，51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

“机械设计基础与应用”是机械类、机电类及近机类各专业一门重要的技术基础课，本课程既具有基础性，又具有较强的实践性，对学生学习相关技术基础课和专业课程起着承上启下的桥梁作用。

本书按“十二五”规划教材建设的要求，组织具有丰富理论知识，又有较强教学与实践经验的教师和工程技术人员编写。

本书适用于60~80学时应用型本科院校、高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校的二级职业技术学院机械、机电及近机类专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。本书具有以下特色。

1. 规定性与工具性。以相关专业人才培养方案为基础，认真研究本课程在人才培养方案中的地位、作用，充分理解课程间的内在联系，把握课程本质，又体现创新精神。从“案例分析”入手，创建教学情境，便于组织教学和学生自主学习，成为教与学的好工具。

2. 知识性与科学性。将传统《机械设计基础》内容进行了较大的改革重构，按照“实际—实用—实践—实效”的原则，注重阐明知识与方法，注重技术应用和技能培养。每个单元都遵循“结构分析—实际应用—创新设计”的主线，简化了设计公式的推导过程，突出了应用性，语言简练，逻辑性强。

3. 应用性与实践性。认真分析教材的适用对象及培养目标，结合教学规律，以方法技术学习和技能训练为主，整合与优化教学体系，理论以“必需、够用”为度，加强训练，各单元后附有相应的知识总结和试题化格式的思考与训练题，并在本书后附有部分训练题解答要点，供学习参考。

4. 典型性与先进性。注重概念模型与实体模型的关系，每一单元均由实际机器为“案例”导入。本书采用了最新国家标准和法定计量单位，并标出相应国家标准代号，并对国标给出的术语加注英文，方便读者阅读。为强化学生的标准意思，给出相关标准的国标网站。

书中带“*”为拓展内容，可根据实际课时情况选择性的讲解。

本书由吉林电子信息职业技术学院于辉、贵州工业职业技术学院张俊玲担任主编，吉林电子信息职业技术学院邹玉清和长春职业技术学院陈波担任副主编，吉林电子信息职业技术学院张寰、李赫、苗莹、房莹参与编写。其具体分工为：于辉编写单元一、单元六和单元十、张俊玲编写单元二，邹玉清编写单元五、陈波、宁剑编写单元七、单元十一、张寰编写单元八、李赫编写单元九、苗莹编写单元三、房莹编写单元四。全书由于辉、张俊玲统稿。

限于编者水平和时间，书中难免有不妥之处，敬请广大读者给予批评指正。特别希望任课教师提出批评意见和建议，并及时反馈给我们，在此我们表示真诚的致谢。需本书课件，可从出版社网站（<http://www.bjtup.com.cn>）下载或发邮件至 cbslh@jg.bjtu.edu.cn 索取。

编 者
2013 年 7 月



目 录

单元一 机械结构分析与设计概述	1
1.1 机械结构分析	2
1.2 机械设计原则、程序、方法和步骤	5
1.3 机器零件的失效形式及设计准则	9
1.4 机械零件的结构工艺性分析	11
思考与训练	14
单元二 平面连杆机构分析与设计	15
2.1 平面机构结构分析	16
2.2 平面连杆机构类型及其应用	26
2.3 平面连杆机构的基本特性	33
2.4 平面连杆机构设计方法	37
拓展与技能总结——重点知识结构图	40
思考与训练	41
单元三 凸轮机构分析与设计	44
3.1 凸轮机构的结构分析	45
3.2 常用从动件的运动规律及应用	46
3.3 凸轮机构的设计	49
拓展与技能总结——重点知识结构图	57
思考与训练	57
单元四 其他常用机构分析与应用	60
4.1 棘轮机构分析与设计	61
4.2 槽轮机构分析	65
4.3 不完全齿机构及凸轮式间歇机构	69
4.4 螺旋机构分析	70
4.5 机构的组合原理	71
拓展与技能总结——重点知识结构图	74

思考与训练	75
单元五 带传动和链传动分析与设计	77
5.1 带传动结构分析	78
5.2 带传动承载能力分析	84
5.3 V 带传动的设计	89
5.4 链传动结构分析与设计	99
拓展与技能总结	113
思考与训练	114
单元六 齿轮传动分析与设计	119
6.1 直齿圆柱齿轮传动分析与设计	120
6.2 斜齿圆柱齿轮传动分析与设计	161
6.3 锥齿轮传动分析	173
6.4 蜗杆传动分析与设计	179
6.5 齿轮系结构分析及应用	197
拓展与技能总结——重点知识结构图	
思考与训练	211
单元七 轴毂和轴间联接分析与设计	220
7.1 轴毂联接设计与选择	221
7.2 轴间联接设计与选择	234
拓展与技能总结——重点知识结构图	250
思考与训练	251
单元八 螺纹联接	254
8.1 螺纹联接结构分析	255
8.2 螺纹联接设计与选择	262
拓展与技能总结——重点知识结构图	274
思考与训练	274
单元九 轴承的设计与选择	277
9.1 滑动轴承的结构分析与设计	278
9.2 滚动轴承的分析与选择	291
拓展与技能总结——重点知识结构图	317
思考与训练	317

单元十 轴的结构分析与设计·····	320
10.1 轴的结构分析·····	321
10.2 轴的设计·····	323
拓展与技能总结——重点知识结构图·····	338
思考与训练·····	338
* 单元十一 电动机的选择及动力参数分配·····	341
11.1 电动机的确定·····	342
11.2 机械传动装置传动比分配·····	345
11.3 传动装置中各轴的动力参数计算·····	346
拓展与技能总结·····	349
思考与训练·····	350
附录 A 思考与训练部分答案·····	352
附录 B 相关国家标准及标准网站·····	358
参考文献·····	360



单元一

机械结构分析与设计概述

【教学目标】

- 熟悉机械结构分析方法及相关术语；
- 了解课程的内容、性质及任务；
- 掌握机械设计原则、程序、方法和步骤；
- 机器零件的失效形式及设计准则。

【技能目标】

- 能区分机器与机构；
- 能分析机器的组成部分；
- 能区分标准件与非标准件。



案例导入

图 1-1 为一颚式破碎机，它由电动机 1、带轮 2、V 带 3、带轮 4、偏心轴 5、动颚板 6、摇杆 7、定颚板 8 及机架组成。电动机的转动通过带传动带动偏心轮转动，进而使动颚板产生平面运动，与定颚板一起实现压碎物料的功能。

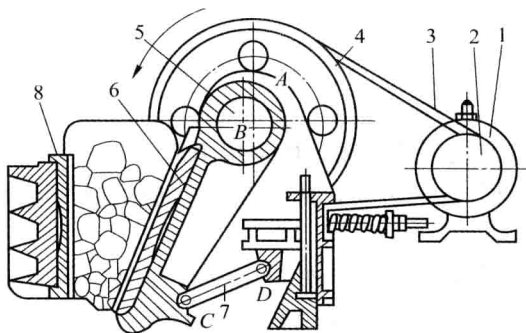


图 1-1 颚式破碎机

在人类的生产和生活中，大量使用各种机械设备，以减轻或代替人们的劳动，提高生产效率、产品质量和生活水平。随着科学技术和工业生产的飞速发展，计算机技术、

电子技术与机械技术有机结合,实现机电一体化,促使机械产品向着高速、高效、多功能、精密、自动化和轻量化方向发展。机械产品的水平已成为衡量国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

1-1 机械结构分析

1. 机器的组成及分类

机器的种类繁多。在生产中常见的机器如汽车、拖拉机、电动机、各种机床等;在生活中常用的洗衣机、缝纫机、电风扇、摩托车等,它们的构造、性能和用途等各不相同,但从机器的组成分析,又有其共同点。

图1-2为牛头刨床的传动系统,电动机经带传动和齿轮传动装置实现减速,又通过摆动导杆机构将齿轮的转动转换为滑枕的往复直线移动,从而进行刨削加工。

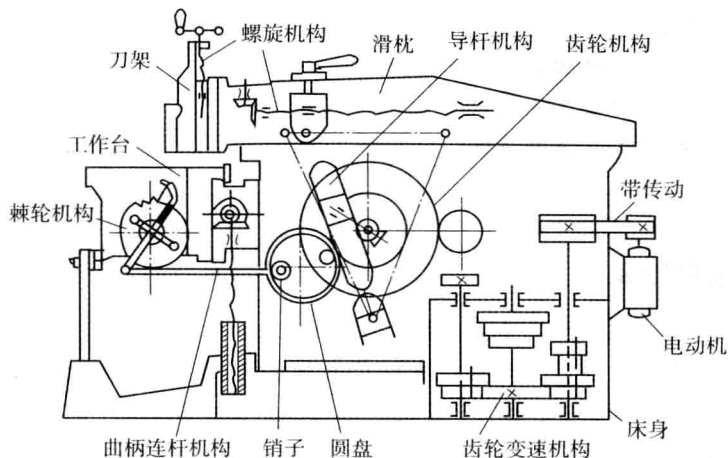


图 1-2 牛头刨床的传动系统

图1-3所示的单缸四冲程内燃机,由气缸体1、活塞2、连杆3、曲轴4、齿轮5和6、凸轮7、顶杆8等组成,凸轮和顶杆是用来启、闭进气阀和排气阀的。燃气推动活塞移动,经连杆使曲轴作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能,再通过曲轴将动力传递出去。

由此可见,凡能完成特定任务(如材料成型),实现运动和动力的传递和转换的机械系统称为机器(machine)。机器可实现确定的机械运动,又能做有用的机械功或完成能量、物料与信息的转换和传递,其具有以下特征:

- ① 机器是人为的实物组合;
- ② 机器各部分间有确定的相对运动;
- ③ 机器可以用来代替或减轻人类的体力劳动,实现有用的机械功或能量的转换。

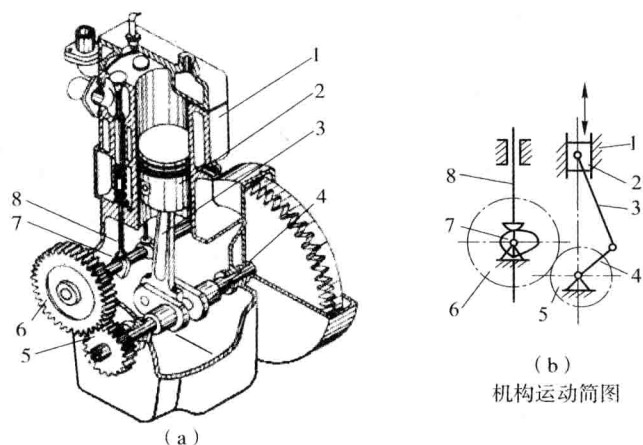


图 1-3 内燃机

用以将一个或多个物体的运动和力转化为其他物体上的约束运动和力的物体系统称为机构 (mechanism)，机构实质是有一个构件被固定的运动链。机构只能用来传递运动和力或改变运动形式，如连杆机构、齿轮机构等，机构只具有以上前两个特征。但从运动的观点来看，两者之间并无区别，所以一般将机器和机构统称为机械。

组成机器的各个相对运动的单元体 (即携带运动副元素的机构元件) 称为构件 (link)，它可以是单一的零件，如曲轴；也可以是由几个零件组成的刚性结构，如图 1-4 所示的内燃机中的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2、螺母 3、轴瓦 5 和轴套 6 等多个零件组成。显然，构件是机械的运动单元，而零件 (parts) 是机器中不可拆分的制造单元。另外，通常把为协同完成某一功能而装配在一起的若干个零件的装配体称为部件。它是机器中的装配单元，如联轴器、轴承、减速器等。

根据零件使用率分为通用零件和专用零件。各种机器中普遍使用的零件称为通用零件 (如螺钉、齿轮、轴等)，其标准化程度高，行业通用性强；而只在某些特定类型的机器中使用的零件，称为专用零件，如发动机中的曲轴和活塞、汽轮机的叶片、纺织机中的织梭等。

根据通用零件标准化程度分为标准件和非标准件。标准件是指结构、尺寸、画法、标记等各方面均已完全标准化，并由专业厂家生产常用零 (部) 件，如螺纹件、键、销、滚动轴承，等等。我国现行的标准有国家标准 (GB)、部颁标准 (如机械部标准 JB、冶金部标准 YB 等) 和企业标准。出口产品应采用国际标准 (ISO)。

机械设计时要最大限度地采用标准件，其意义在于：

① 采用标准结构，可简化设计工作，缩短设计周期，提高设计质量，有利于把主要精力用于关键零件、部件的设计；

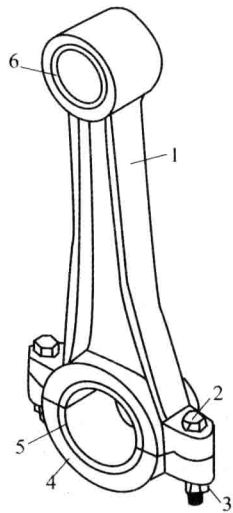


图 1-4 内燃机连杆

② 可在专门工厂采用先进技术大规模集中生产标准零部件,有利于节约原材料和能源,保证产品质量、降低成本;

③ 增大互换性,便于用户使用和维修;

④ 有利于改进和提高产品质量、扩大生产批量和开发新品种。

一部机器,特别是自动化机器,要实现较为复杂的工艺动作过程,往往需要多种机构的合理组合。如图 1-2,牛头刨床含有带传动机构、齿轮机构、连杆机构、间歇机构和螺旋机构这五种机构;图 1-3,内燃机的传动部分由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构组成。

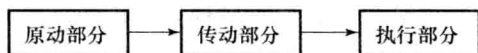
按照用途的不同,可把机器分为动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器用于实现其他形式的能量与机械能间的转换。如内燃机、涡轮机、电动机、发电机等,都属于动力机器。

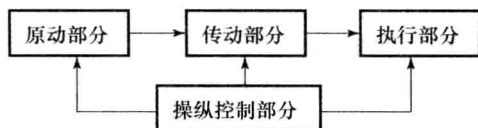
工作机器用来做机械功或搬运物品,即变换物料。金属切削机床、轧钢机、织布机、收割机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等均为工作机器。

信息机器用来获取或变换信息,如照相机、打字机、复印机等。

传统的机器由如下三部分组成:



现代机器一般由以下四部分组成:



动力部分、传动部分和执行部分之和称为机器本体。动力部分是机器的动力来源,有电动机、内燃机、燃气轮机、液压马达、气动马达等,现代机器大多采用电动机,而内燃机主要用于运输机械、工程机械和农业机械;传动部分将动力部分的运动和动力转换成执行部分所需的运动形式、运动和动力参数,并传递到执行部分,机器中的传动有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动,应用最多的是机械传动;执行部分是直接完成机器预定功能的工作部分,如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、带式输送机的输送带等。

操纵和控制部分用于控制机器的启动、停车、正反转、运动和动力参数的改变及各执行部分间动作的协调等。自动化机器的控制系统能使机器进行自动检测、自动数据处理和显示、自动控制和调节、故障诊断和自动保护等。辅助装置则有照明、润滑和冷却装置等,他们的作用是保障机器高效快捷运转。

图 1-2 所示的牛头刨床传动系统中,刀架和工作台为执行装置;带传动、齿轮传动、导杆机构、连杆机构和棘轮机构组成传动装置;电动机的运动和动力经变换和传递,使滑枕和刀架作往复直线移动,进行刨削,使工作台横向移动,完成进给;刀架、工作台的速度和位置是靠操纵机构来控制的。

2. 本课程的内容、性质和任务

本课程研究一般工况条件下的常用机构和通用机械零、部件的工作原理、结构特点、运动特性及使用维护,了解国家标准及设计计算的基本理论和方法。对于巨型、微型及高速、高温、高压或低温条件下工作的通用零、部件,则在有关专门课程中研究。本课程是机械类和近机类各专业的一门主干技术基础课,旨在培养工程技术人员所需的通用机械零件和常用机构的基本知识、基本理论和基本技能,使之基本具有分析、运用和维护机械传动装置和机械零件的能力,为今后解决生产实际问题及学习有关新的科学技术打下基础。

通过本课程的教学及实训,应达到以下基本要求:

- ① 熟悉常用机构和通用机械零件的结构、工作原理、特点和应用;
- ② 掌握通用零部件选用和设计的基本方法,初步具有设计简单机械传动装置的能力;
- ③ 基本具有使用、维护机械传动装置的能力和较熟练使用有关技术资料的能力;
- ④ 初步具有分析和处理机械一般问题的能力。

本课程的学习应注意以下几点:

- ① 本课程实践性很强,要理论教学和实践训练相结合;
- ② 本课程教学内容注意联系实际、适时更新;
- ③ 本课程是多学科、多标准的综合体现,设计计算结果并非惟一性,注意发散思维的作用,创新为主题。

3. 如何学习《机械设计基础与应用》

本课程并不是研究某种具体的机械,而是探讨一般机械的共性问题,即机械的结构分析和机械设计的基本理论和基本方法,为工程服务。在学习时一方面注意理论和方法的严密性和适用性,另一方面要注意在工程实际中的创新。

《机械设计基础与应用》主要研究常用、通用的机械零部件的设计。这些零部件都是独立的,学习时要贯穿“失效形式→受力分析→强度计算→结构设计”这一主线。明确零件的失效形式是零件的设计依据,零件的受力分析是零件设计的基础,强度计算是零件的设计方法,结构设计是零件设计的结果。

1.2 机械设计原则、程序、方法和步骤

对于一台机器总体来说,一切零件都是它的局部,它们必须受到全局的制约。各个零件在机器中,或按确定的位置相互联接,或按给定的规律作相对运动,共同为完成机器的功能而发挥各自的作用。所以任何机器的性能,都是建立在主要零件的性能或某些关键零件的综合性能的基础之上的。由此,要想设计出一台优质的机器,必须科学设计和选择零件;而每个零件的设计或选择,又和机器的功用分不开。离开机器的全局,任何一个零件都不可能正确地设计或选择出来。

1. 机械设计的基本原则

机械设计是指创造性地实现具有预期功能的新设备、新机器或改进现有机器和设备,使其具有新性能的过程。尽管机械的类型很多,形状千差万别,功能各不相同,但设计的基本要求大致相同,主要有以下几方面。

1) 功能性原则

所谓功能,是指被设计机器的功用和性能指标。设计的机械必须能实现预定的使用功能、满足运动和动力性能的要求,并在规定的工作条件下、规定的工作周期内正常运行。为此,要正确选择机器的工作原理,科学设计或选用原动机、传动机构和执行机构,合理配置机械的控制和辅助系统。

一般机器的预定功能要求包括:运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构、尺寸等方面。

2) 可靠性原则

机器的可靠性是指在规定的使用寿命和工况条件下机器完成规定功能的能力。可靠性是衡量机械产品的一个重要指标。机器的可靠性取决于零件的可靠性和零件的组合关系。

从机械设计的角度,可通过确定适当的可靠性水平,简化结构,减少零件数目,选择标准件及选择等可靠度零件,合理设计机器中的组件和部件,以及选取较大安全系数等措施,提高机器的可靠度。

3) 经济性原则

机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中,包括设计制造经济性和使用经济性,即制造成本和运行成本。设计制造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、较低的能源与材料消耗,以及较低的管理和维护费用等。设计机器时应最大限度地考虑其经济性。

考虑经济性的要求有:合理选择零件的材料;合理设计零件结构,使之具有良好的工艺性和适当的精度;加工时,装夹设备简单;机械在使用过程中便于维护和保养等。在机械设计中尽量采用标准件,这样既可以简化设计、保证互换性、便于安装和修配,又有利于保证零件的质量及降低成本。

4) 安全性和社会性原则

在设计机械产品时,必须满足人机工程学要求,如操作方便、省力、舒适、劳动强度低、维修简便等;应满足安全运行要求,保证人、机安全,如设置安全防护装置、连锁装置、预警信号系统等;应满足工艺美学要求,造型美观、色彩协调、雅致精巧,如消防机械用红色,给人以紧迫、警示感,医疗、食品机械多用浅色,给人以温馨洁净感等;应符合环保要求,降低噪声,最好在 80 dB 以下;防止有毒有害介质的泄漏。

5) 其他特殊要求

有些机器还有特殊的要求,如食品机械必须保持清洁、不能污染产品;机床必须能长期保持精度;飞机必须质量小、飞行阻力小;大型设备应便于安装和运输等。设计时应统筹兼顾,力求选择各项指标综合评定最优者。

2. 机器设计、制造的一般程序

设计一种新的机械产品是一项科学、复杂、细致的工作。从设计到投放市场，一般要经过 6 个阶段。

1) 可行性研究阶段

新产品开发任务提出后，要进行可行性研究。首先要做充分的调查研究，收集资料，掌握信息，然后对产品的预期需要、使用要求和关键技术进行详细分析，明确任务要求，提出机器功能设计参数和制约条件，并做经济效益估算，论证设计的必要性、先进性和可行性，最后给出可行性报告和设计任务书。设计任务书的内容主要包括机器的用途、主要性能参数、工作环境和使用要求、制造要求、预期成本、设计完成期限及有关特殊要求等。

2) 方案设计阶段

方案设计即为机器的功能原理设计。本阶段是决定机器结构、产品水平和竞争力的关键阶段。方案设计是在机器功能分析的基础上，确定机器的工作原理和技术要求，拟定机器的传动方案和总体布置等。

进行机器功能分析之后，以确定的功能参数为依据，通过借鉴、模型试验和创新构思，提出多个可能实现预定功能目标的原理方案，经分析比较、设计评价、优化筛选、最后决策，从几个可行方案中选出最佳方案。

3) 技术设计阶段

技术设计阶段的任务是完成机器总装配草图和部件装配草图，将原理方案结构化。技术设计的内容和步骤如下。

(1) 机器的运动学设计

确定动力机的类型、型号和参数（功率、转速等），进而确定各构件的运动参数（转速、速度、加速度等）。

(2) 机器的动力学计算

确定各级传动的传动比，计算各主要零件上所受的载荷（大小、方向、性质等）。

(3) 零件工作能力设计

确定主要零件的失效形式、计算准则，选择材料和热处理方法，并对主要零件进行工作能力计算，确定其主要尺寸和参数。

(4) 部件装配草图和总装配草图设计

结合装配、润滑、密封、维修和运输等要求，设计并绘制各部件装配图，再绘制出机器总装配图。必要时，还应绘出电气、液压、润滑等系统图。

(5) 主要零件校核

在绘出装配草图后，所有零件的结构、尺寸及零件间的关系已基本确定，可较为精确地进行零件的载荷和强度校核计算。根据校核结果，再修改零件的结构和尺寸。

4) 施工设计阶段

施工设计需完成零件工作图的设计和编制各类技术文件。根据装配图设计并绘制零件工作图。零件工作图是制造和检验零件的依据。设计工作图时，要认真考虑零件的全部结构、加工和装配工艺性、检验要求等。若零件结构、尺寸改变，应按最后确定的零

件工作图上的结构和尺寸,重新绘制部件装配图和总装配图,应使工作图上零件的结构和主要外廓外尺寸与装配图中的完全一致。一般来说,技术设计与工作图设计相互制约,往往需交叉进行,反复修改。

一套完整的机器图纸除装配图和零件图外,还应有机器外形图、基础安装图、传动系统图,以及电气、液压、润滑、冷却系统图等。

技术文件包括设计计算说明书、使用说明书、标准件和外购件明细表、重要零部件的工艺文件、试车大纲等。

机器使用说明书内容包括机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养和简单的维修方法、备用件目录等。

5) 样机试制阶段

本阶段应对样机进行试验,测试各项技术性能指标,分析是否达到设计要求。样机试验完成后,应进行全面的技术经济评价、专家鉴定,以决定设计方案是否可用或提出修改意见。一般说来,即使方案可用,仍需作适当修改,以使设计更加完善。

6) 投产、销售阶段

在改进原设计使之达到设计任务书规定的全部要求后,经相关鉴定部门批准后,可报批投产。产品销售后,应开展售后服务,跟踪调查,及时反馈制造和使用的信息,不断修改设计,甚至改型,以提高产品质量和信誉,开拓出更广阔的市场。

3. 机械零件的设计方法

机械零件的常规设计方法有以下几种。

1) 理论设计

理论设计是根据长期总结出来的设计理论和实验室数据所进行的设计,包含设计计算和校核计算。设计计算是根据零件的工作情况,选定设计准则,按其规定的要求计算出零件结构尺寸和参数。多用于能通过简单力学模型进行设计的零件。校核计算是先按其他方法初步拟定出零件的主要结构尺寸和参数,然后依据计算准则校核零件是否安全,多用于结构复杂、应力分布复杂,又能用现有的计算准则进行计算的场合。

2) 经验设计

经验设计是根据已有的经验关系式或设计者本人的工作经验用类比法初步设计。这是理论还不成熟时,解决各种问题的一种可靠而有效的设计方法,主要用于使用要求不大变动而结构形状已典型化的零件,如箱体、机架等。

3) 模型实验设计

模型实验设计是对一些尺寸巨大、结构复杂的重要零件,根据初步设计结果,按比例制成小尺寸的模型,经过实验手段对其各方面的特殊性进行检验,根据实验结果对设计进行逐步修改和完善的一种设计方法。它是理论知识还不完备、已有的经验又不足以解决设计问题时,为获取新经验和发展新理论的一种设计方法。

机械零件的现代设计方法有计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、智能化设计等,这些方法与常规设计方法的有机结合是机械零件设计的发展方向,可使设计的机械零件既科学合理又经济适用。

4. 机械零件设计的一般步骤

机械零件设计的一般步骤如下。

- ① 根据零件的使用要求, 选择零件的类型或结构。
- ② 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求, 选择合适的材料和热处理方法。
- ③ 根据零件的工作情况, 确定作用于零件上的载荷 (包括建立力学模型、进行载荷分析和计算、考虑各种因素对载荷的影响及确定零件的计算载荷)。
- ④ 根据零件可能出现的失效形式, 确定计算准则, 并计算和确定出零件的基本尺寸。
- ⑤ 根据零件的功能、工艺、标准化、经济性等要求进行零件的结构设计。
- ⑥ 根据工艺性和标准化等要求进行零件的结构设计。
- ⑦ 必要时应对零件进行校核计算。
- ⑧ 按标准绘出零件的工作图并编写设计说明书。

1.3 机器零件的失效形式及设计准则

1. 机械零件常见的失效形式

机械零件丧失规定的功能称为失效。机械设计的最主要目标之一是使设计的零件在规定期限内不发生失效。机械零件常见的失效形式有以下几种。

1) 断裂

断裂是指由于零件截面上的应力超过其极限应力产生的失效。断裂分为延性断裂和脆性断裂, 前者断裂前有塑性变形和变形能消耗, 后者在断裂前没有宏观的塑性变形。产生此种失效的原因为强度不够, 如轮齿折断。

在交变应力作用下, 即使工作应力没有超过强度极限, 也会由于长时间工作而发生折断, 这种折断称为疲劳断裂, 是承受交变应力的机械零件的主要失效形式。

2) 变形

机械零件受载荷后会发生弹性变形, 当零件承受的载荷过大或刚度不足时, 会使零件的尺寸和形状超过许用值, 零件不能正常工作。如车床主轴的变形过大, 会影响加工零件的精度。产生此种失效的原因为刚度不够。

3) 表面失效

机械零件的表面失效包括零件的疲劳破坏、磨损和腐蚀等。零件在交变应力作用下会发生疲劳破坏, 如轮齿的点蚀。其产生的原因为材料的接触疲劳强度不足。具有相对运动的零件, 接触表面易发生磨损, 如开式齿轮。在弱腐蚀性介质中工作的零件易发生腐蚀。

此外, 在设计机械零件时, 还要注意避免零件发生共振现象, 如轴所受干扰力频率接近自振频率时将引起共振等。

2. 机械零件设计准则

根据零件失效的原因, 可建立起相应的零件设计准则。

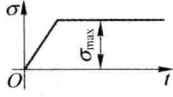
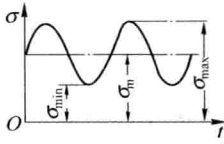
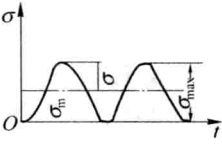
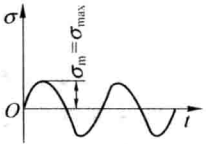
1) 寿命准则

寿命是指零件能正常工作而不失效的使用时间。影响零件寿命的因素很多,目前沿用的计算准则是控制接触疲劳应力和可靠性的办法。

零件受的应力分为静应力和变应力两类。大小和方向不随时间变化或变化缓慢的应力称为静应力,静应力只能在静载荷作用下产生。大小和方向随时间显著变化的应力称为变应力。变应力可由变载荷产生,静载荷也可产生变应力,如齿轮、带、滚动轴承等。大多数零件都是处于变应力工作状态。

在变应力中,周期、应力幅和平均应力都不随时间变化的变应力称为稳定变应力。它有非对称循环变应力、脉动循环变应力和对称循环变应力三种基本类型,见表 1-1 中的图。

表 1-1 稳定变应力类型与参数

应力类型	静应力	非对称循环变应力	脉动循环变应力	对称循环变应力
应力图				
平均应力 (σ_m)	$\sigma_m = \sigma_{\max} = \sigma_{\min}$	$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$	$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max}}{2}$	0
应力幅 (σ_a)	0	$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_a = \sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$
循环特性 (r)	+1	$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$	0	-1
备注	变应力特例	$-1 \leq r \leq +1$		

稳定变应力有 5 个参数:最大应力 $\sigma_{\max}$ 、最小应力 $\sigma_{\min}$ 、平均应力 σ_m 、应力幅 σ_a 和循环特性 r 。循环特性 r 为最小应力与最大应力的比值。各参数的计算或数值见表 1-1。

2) 强度准则

强度指机械零件抵抗破坏的能力。强度准则就是机械零件的工作应力不超过材料的许用应力,是大多数机械零件的设计依据。本书将着重讨论机械零件的强度设计问题。

3) 刚度准则

刚度是指机械零件抵抗弹性变形的能力。刚度准则指零件在载荷作用下产生的弹性