

互联网+教育



21世纪“互联网+教育”新型立体化系列教材  
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

# 机械设计基础 实例教程

(常用机构和零部件设计)

熊建武 龚煌辉 胡智清 刘红燕▲著



含互联网资源库

含二维码索引

含互动教学



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>



21世纪“互联网+”

国家示

本化系列教材

“五”规划教材

# 机械设计基础 实例教程

(常用机构和零部件设计)

Jixie Sheji Jichu Shili Jiaocheng

熊建武 龚煌辉 胡智清 刘红燕▲著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书选择自动上料机构的设计、自动车床径向走刀机构盘形凸轮廓曲线的设计、千斤顶螺旋传动机构的设计、闭式软齿面一级直齿圆柱齿轮减速器的设计等四个设计任务实例为载体,按照完成设计任务所需要的知识、实训、设计经验等认知规律,以通俗易懂的文字和丰富的图表,介绍设计任务实例的知识链接、实训、例题,详细介绍完成设计任务的方法、过程,介绍与设计任务实例相关的机械常用机构和零部件知识,并让学生自己完成复习与思考题、实训任务、设计任务,使学生及时巩固所学知识并逐步具备运用所学知识设计机械常用机构、零部件的基本技能。

本书可供应用型本科学校、高等职业技术学院和成人教育院校机械设计与制造、材料成型技术、机电一体化技术、汽车维修与运用、模具设计与制造、数控技术应用、计算机辅助设计与制造、汽车制造与装配、焊接技术自动化、工程机械运用与维护、仪器仪表检测等机械装备制造类专业教学使用,也可供中职学校机械加工技术、机电一体化技术、模具制造技术、数控技术应用、机械制造技术、汽车制造与检修、焊接技术应用、工程机械运用与维护等加工制造类专业教学使用,还可作为机械设计与制造、模具设计与制造、机电一体化等工程技术人员、模具生产管理人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实例教程. 常用机构和零部件设计/熊建武等著. —武汉: 华中科技大学出版社, 2017. 7  
ISBN 978-7-5680-2746-5

I. ①机… II. ①熊… III. ①机械设计-教材 ②机械元件-设计-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 078685 号

### 机械设计基础实例教程(常用机构和零部件设计)

Jixie Sheji Jichu Shili Jiaocheng(Changyong Jigou he Lingbujian Sheji)

熊建武 龚煌辉 著  
胡智清 刘红燕

策划编辑: 袁 冲

责任编辑: 段亚萍

封面设计: 袍 子

责任监印: 朱 玟

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话: (027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编: 430223

录 排: 武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷: 武汉科源印刷设计有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 21.25

字 数: 529 千字

版 次: 2017 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 45.00 元



本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

本书是根据教育部关于职业教育教学改革的意见,职业教育的特点,机械设计与制造、机电一体化技术的发展,以及对职业院校学生的培养要求,在借鉴德国项目实例教学模式,总结湖南工业职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、湖南财经工业职业技术学院、张家界航空工业职业技术学院、长沙南方职业学院、岳阳职业技术学院、辽宁省交通高等专科学校、湖南国防工业职业技术学院、长沙航空职业技术学院、衡阳技师学院、长春职业技术学院、哈尔滨职业技术学院、包头铁道职业技术学院、怀化职业技术学院、湖南电气职业技术学院、益阳职业技术学院、郴州职业技术学院、邵阳职业技术学院、株洲市工业中等专业学校、湖南生物机电职业技术学院、湖南省工业技师学院(中南工业学校)、安徽电子信息职业技术学院、长沙市望城区职业中等专业学校、湘阴县第一职业中等专业学校、祁阳县职业中专、宁乡职业中专学校、长沙县职业中专学校、祁东县职业中等专业学校等职业院校近几年模具设计与制造专业教学改革经验的基础上编写的,是湖南工业职业技术学院 2013 年度课程考核标准开发和题库建设项目“机械原理与机械零部件设计”的研究成果,是 2013 年湖南省职业院校教育教学改革研究项目“基于专业对口招生的中高职衔接人才培养模式改革与创新”的研究成果,是湖南工业职业技术学院模具设计与制造专业省级特色专业建设项目的核心课程建设成果,是国家中等职业教育改革发展示范学校项目的建设成果,是湖南工业职业技术学院、湖南财经工业职业技术学院、长沙市望城区职业中等专业学校、中南工业学校、宁乡职业中专学校、湘阴县第一职业中等专业学校、祁阳县职业中专、祁东县职业中等专业学校、衡南县职业中等专业学校的湖南省职业教育“十二五”省级重点建设项目“模具设计与制造专业中高职衔接试点项目”的建设成果,是湖南工业职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、湖南财经工业职业技术学院的湖南省卓越高职院校建设项目的优质核心课程建设成果。

本书以培养学生设计机械常用机构与机械常用零部件的基本技能为目标,按照工作过程系统化的原则,借鉴德国职业学校和应用技术大学项目课程教学模式,在对行业、企业、同类院校进行调研的基础上,拟定典型设计任务,根据设计任务重组课程内容,重新制定课程标准,按照由易到难的认知规律,让学生在学机械常用机构、机械常用零件、机械常用部件及机器等专业基础知识的同时,穿插实训和设计任务,在完成机械常用机构的实训和连杆机构、凸轮机构、螺旋机构等较单一的设计任务后,再完成较综合的机械常用部件——减速器的设计任务,最大限度地实现“学中做、做中学”,有利于调动学生的学习积极性,使学生学以致用。

本书选择自动上料机构的设计、自动车床径向走刀机构盘形凸轮轮廓曲线的设计、千斤顶螺旋传动机构的设计、闭式软齿面一级直齿圆柱齿轮减速器的设计等四个设计任务实例为载体,按照完成设计任务所需要的知识、实训、设计经验等认知规律,以通俗易懂的文字和丰富的图表,介绍设计任务的知识链接、实验、实训、例题,详细介绍完成设计任务的方法、过程,介绍与设计任务实例相关的机械常用机构和零部件知识,并让学生自己完成复习与思考题、实训任务、设计任务,使学生及时巩固所学知识并逐步具备运用所学知识设计机械常用机构、常用零部件的基本技能。建议安排 70~100 课时。

本书由熊建武(湖南工业职业技术学院教授、高级工程师、全国机械职业教育模具类专业教学指导委员会委员)、龚煌辉(湖南铁道职业技术学院讲师)、胡智清(湖南财经工业职业

技术学院副教授、高级技师)、刘红燕(湖南财经工业职业技术学院副教授)共同撰写。熊建武负责全书的统稿和修改。尹韶辉(湖南大学教授、博士研究生导师)、汪哲能(湖南财经工业职业技术学院教授、高级技师)对全书进行了仔细审阅。

为便于学生查阅有关标准及拓展学习,本书特为相关内容设置了二维码链接。同时,作者在写作过程中搜集了大量有利于教学的资料与素材,限于篇幅未在书中全部呈现,感兴趣的读者可向作者索取,作者 E-mail: xiongjianwu 2006@126.com。

本书可供应用型本科学校、高等职业技术学院和成人教育院校机械设计与制造、材料成型技术、机电一体化技术、汽车维修与运用、模具设计与制造、数控技术应用、计算机辅助设计与制造、汽车制造与装配、焊接技术自动化、工程机械运用与维护、仪器仪表检测、工业机器人应用等机械装备制造类专业教学使用,也可供中职学校机械加工技术、机电一体化技术、模具制造技术、数控技术应用、机械制造技术、汽车制造与检修、焊接技术应用、工程机械运用与维护等加工制造类专业教学使用,还可作为机械设计与制造、模具设计与制造、机电一体化等工程技术人员、模具生产管理人员的参考用书。

由于时间仓促和著者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

以下同志对本书提出了许多宝贵意见和建议,特表示感谢。

叶久新(湖南大学教授、湖南省模具设计与制造学会名誉理事长)

孙孝文(湘潭电机力源模具有限公司副总经理、高级工程师)

陈国平(湖南维德科技发展有限公司总经理、湖南省模具设计与制造学会秘书长)

贾庆雷(株洲时代集团时代电气有限公司副总经理)

王敬艳(长春职业技术学院)

李敏(哈尔滨职业技术学院)

金敦水(安徽电子信息职业技术学院)

陈湘舜(湖南铁道职业技术学院)

陈黎明(湖南财经工业职业技术学院)

周民(湖南国防工业职业技术学院)

徐政坤(张家界航空工业职业技术学院)

郭晓昕(包头铁道职业技术学院)

吴致君(湖北工程职业学院)

陈振环(长沙南方职业学院)

向清然(衡阳技师学院)

王永红(邵阳职业技术学院)

孟宪超(莱芜职业技术学院)

杨红、孙忠刚、简忠武、杨承阁、刘丹、易杰(湖南工业职业技术学院)

邓子林(永州职业技术学院)

李立(长沙县职业中专学校)

卢碧波(宁乡职业中专学校)

王健(衡南县职业中等专业学校)

黄新华(新田县职业中等专业学校)

戴石辉(长沙市望城区职业中等专业学校)

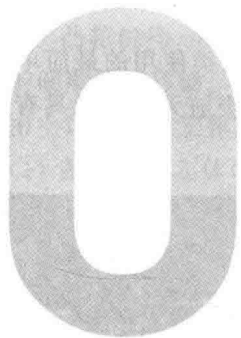
著 者

2017年6月

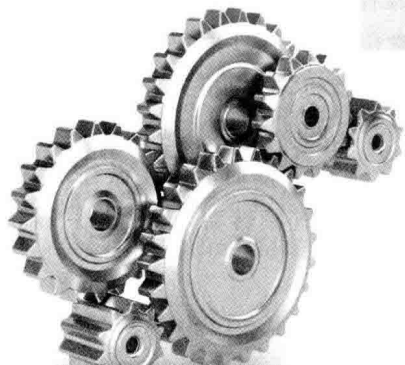


# 项目 0

## 绪论



机械设计基础实例教程(常用机构和零部件设计)是一门重要的技术基础课程,是研究机械类产品的设计、开发、制造,以满足经济发展和社会需求的基础知识课程。机械设计工作涉及工程技术的各个领域。一台新的设备在设计阶段,要根据设计要求确定工作原理及合理的结构,进行运动、动力、强度、刚度分析,完成图样设计,而且还要研究制造、销售、使用以及售后服务等方面的问题。设计人员除了要具有与机械设计相关的深厚的基础知识和专业知识外,还要有饱满的创造热情。



## 一、本课程的研究对象、主要内容及任务

### (一) 本课程的研究对象

#### 1. 机械的概念

机械是伴随人类社会的不断进步和发展而完善的,从原始社会人类使用的最简单的石制工具如石斧、石刀等,到现在人类用以登陆月球或探测外太空的各类航天器以及具有高度人类智能的机器人,都属于机械产品的范畴,如图 0-1 所示。

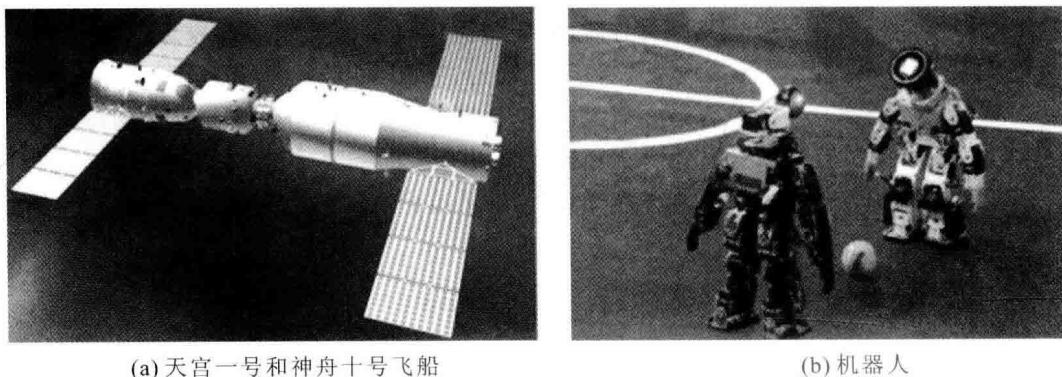


图 0-1 机械产品

机械是一个比较宽泛的概念,从广义角度看,凡是能完成一定机械运动的装置都是机械。从人们日常使用的螺丝刀、钳子等简单工具,到汽车、坦克、航天飞机等高级、复杂的设备都属于机械的范畴。它们的一个共同特点就是可以实现一定的机械运动。在现代社会中,人们常把没有动力源的机械称为工具、机构或器械。

工程中常把具体的机械称为机器。机器是根据使用要求设计和制造的一种执行机械运动的装置,实现人类变换和传递物料、能量或信息的目的。在开发和设计机械产品时,满足人类的使用要求是设计工作的核心和立足点。只有能敏锐地反映市场和客户需求的产品,才能在市场上有立足之地。

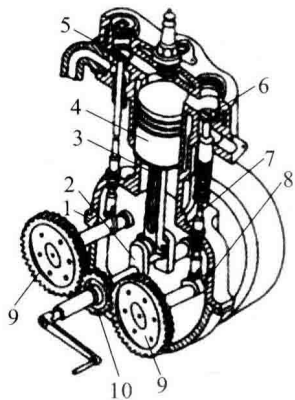


图 0-2 单缸内燃机

- 1—机架;2—曲轴;3—连杆;4—活塞;  
5—进气阀;6—排气阀;7—推杆;  
8—凸轮;9、10—齿轮

#### 2. 机器、机构、构件、零件的关系

在机器中执行机械运动的装置称为机构,机构与机器统称为机械。本课程作为一门技术基础课,研究对象主要是机械中的常用机构和通用零件。

图 0-2 所示的单缸内燃机,它由机架(气缸体)1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 和齿轮 9、10 组成。当燃气推动活塞 4 做往复移动时,通过连杆 3 使曲轴 2 做连续转动,从而将燃气燃



烧的热能转换为曲轴转动的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时开闭阀门以吸入燃气和排出废气。这种内燃机可视为下列三种机构的组合。

(1) 曲柄滑块机构,由活塞4、连杆3、曲轴2和机架1构成,作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动。

(2) 齿轮机构,由齿轮9、10和机架1构成,作用是改变转速的大小和转动的方向。

(3) 凸轮机构,由凸轮8、推杆7和机架1构成,作用是将凸轮的连续转动转变为推杆有规律的间歇往复移动。

由上述的机器工作原理及组成机构分析可知,机器的主要特征如下。

- (1) 都是人为实体(构件)的组合。
- (2) 各个运动实体(构件)之间具有确定的相对运动。
- (3) 能够实现能量的转换或完成有用的机械功。

机构是由构件组成的。所谓构件,是指机构的基本运动单元,它可以是单一的零件,也可以是由几个零件连接而成的运动单元。零件是组成机器的最小制造单元。

图0-3所示的齿轮机构,其运动特点是把高速转动变为低速转动或者相反,或者是等速运动。图0-4所示的凸轮机构,利用凸轮的轮廓曲线使从动件做周期性的有规律的移动或摆动。图0-5所示的连杆机构,能实现转动、摆动等运动形式的相互转换。

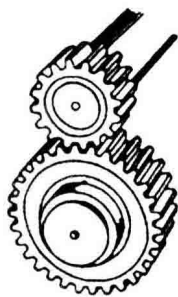


图 0-3 齿轮机构

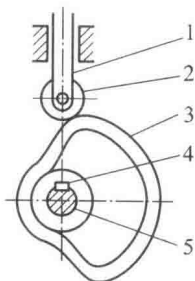


图 0-4 凸轮机构

1—移动从动件;2—滚子;3—凸轮;4—键;5—凸轮轴

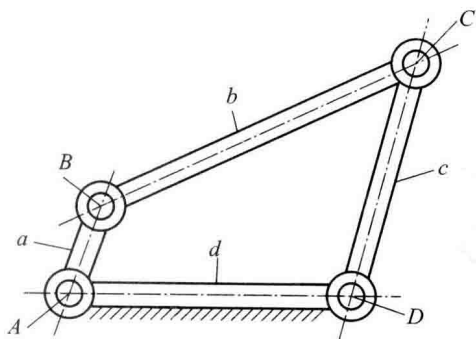


图 0-5 连杆机构

由以上实例分析可以看出,机器是由各种机构组成的,可以完成能量的转换或做有用功;而机构则仅仅起着传递运动和转换运动形式的作用。机构的主要特征如下。

- (1) 都是由构件组成的。
- (2) 各个构件之间具有确定的相对运动。

机械中相互之间能做相对运动的物体称为构件。构件既可以是单一整体,也可以是组合刚性体。图0-2中的连杆3是由几个可以拆卸、相互之间没有相对运动的物体组合而成的,如图0-6所示。构件按其运动状况可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架,是机构中固结于定参考系的构件,一般用来支持运动构件。运动构件又称可动构件,是

机构中可相对于机架运动的构件。

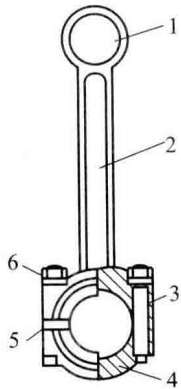


图 0-6 内燃机的连杆构件

1—轴套;2—连杆体;3—螺栓;  
4—连杆头;5—轴瓦;6—螺母

零件是组成构件的相互之间没有相对运动的物体。构件与零件既有联系又有区别。构件可以是单一的零件,比如内燃机的曲轴既是零件又是构件;构件也可以是由若干个零件连接而成的刚性结构,图 0-6 所示的连杆就是由连杆体、连杆头、螺栓和螺母等零件连接而成的。构件与零件的区别在于:零件是制造的单元,构件是运动的单元。

机器、机构、构件、零件的关系可用图 0-7 表示。

### 3. 机械系统的组成

机械系统的种类虽然繁多,但基本组成情况是相同的。机械系统一般由原动机、传动系统、执行系统、控制系统和其他辅助系统所组成,如图 0-8 所示。也有一些机械系统没有传动系统,直接由原动机驱动工作机,如水力发电机组中,水轮机作为原动机直接驱动发电机,但此类机械系统在工程应用中较少。

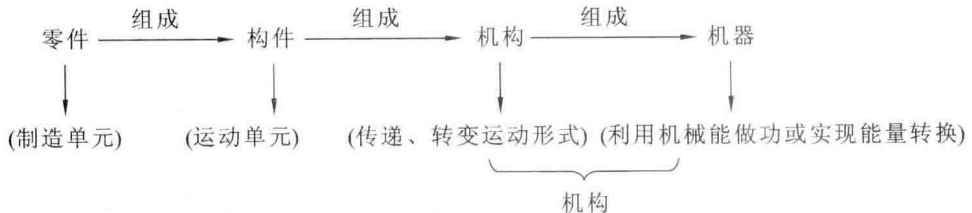


图 0-7 机器、机构、构件、零件的关系

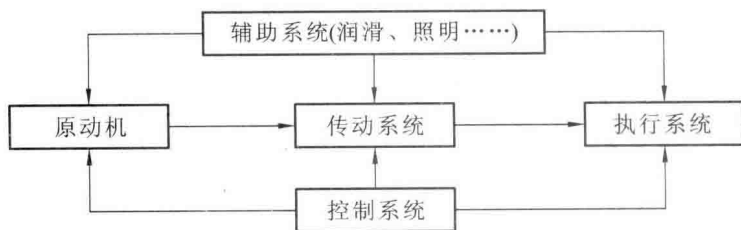


图 0-8 机械系统的组成

由图 0-8 可以看出,原动机(动力部分)、传动系统(传动部分)和执行系统(工作部分)构成了机械系统的主体部分。

原动机把其他形式的能量转换为机械能,以驱动机器各部件运动,如电动机、内燃机、空气压缩机等。

传动系统将原动机的运动和动力传递给执行系统,如带传动、螺旋传动、齿轮传动等,主要传动方式有机械传动、液压传动、气压传动、电气传动等。

执行系统是直接完成机器工作任务的部分,如洗衣机的波轮、机床的主轴、汽车的车轮、轮船的螺旋桨等。

控制系统显示和反映机器的运行位置和状态,控制机器正常运行和工作,如家用电器的控制面板、计算机的键盘和鼠标、机床的控制装置等。控制系统作为机械系统的灵魂部分,在工程应用中根据实际情况,可选择对原动机、传动系统和执行系统的全部或部分来实现对机械系统的控制。控制系统性能的优劣决定了机械系统能否按人类预期的设计要求进行安全、有效的工作。

为提高机械产品的宜人性、安全性和可靠性,辅助系统在机械系统中是不可缺少的重要组成部分。例如小轿车中的空调系统、安全气囊系统、倒车影像系统等都是为提高人们在车辆使用中的舒适性和安全性而发展起来的重要技术装置。

## (二) 本课程的主要内容

本课程作为机械设计的基础,是一门综合性较强的技术基础课程,主要介绍机械中常用机构的工作原理、运动特性,通用机械零件的设计和计算方法,以及有关标准和规范。本课程的内容大体可分为以下几部分。

### 1. 平面四杆机构的设计

掌握运动副、构件的分类,能绘制平面机构的运动简图,能计算平面机构的自由度,掌握平面四杆机构的运动分析,能利用图解法设计自动上料机构等简单平面四杆机构。

### 2. 凸轮机构的设计

掌握凸轮机构的类型与应用,掌握凸轮机构从动件的常用运动规律,能利用图解法设计盘形凸轮轮廓,能选择滚子半径、校核压力角、确定基圆半径,能选择凸轮机构的常用材料、凸轮的结构。

### 3. 螺旋千斤顶的设计

掌握螺纹的主要参数,螺纹连接的类型、特点及应用;能分析螺纹连接的特点,选择螺纹连接方式及螺纹连接件;了解螺栓连接的结构设计,能进行常用螺栓连接的设计与计算;掌握螺旋传动的类型以及传力螺旋的设计方法,能够正确设计传力螺旋传动;掌握螺旋千斤顶的构造及工作原理,掌握螺旋千斤顶的设计过程和方法,初步具有查阅资料、使用标准、强度计算、结构设计的能力,能根据使用条件设计千斤顶的螺旋传动;了解常用的键连接、销连接。

### 4. 一级圆柱齿轮减速器的设计

了解减速器传动方案的分析和拟订;能根据传动方案选择减速器电动机、计算总传动比和分配传动比;能计算减速器的运动和动力参数;能完成一级圆柱齿轮传动的设计;能完成齿轮传动轴及轴上零件的设计;能完成V带传动的设计,包括根据齿轮传动轴的设计对前述“V带传动的设计”进行调整设计;能完成减速器箱体类型的选择、结构设计和尺寸设计计算;能绘制一级圆柱齿轮减速器装配图及非标零件的零件图。

## (三) 本课程的主要任务和目标

本课程的性质与过去所学的基础课程有所不同,思路上有其明显特点,学生往往不能很快适应而影响学习效果。因此,在学习中学生要尽快掌握本课程的特点和分析、解决问题的

方法,为今后的学习和工作打下基础。课程的主要任务和目标如下。

- (1) 培养学生运用基础理论解决简单机构和零件的设计问题,掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用及计算方法,具有初步分析失效原因和提出改进措施的能力。
- (2) 培养学生树立正确的设计思想,具有设计简单机械传动部件和简单机械的能力。
- (3) 培养学生学会使用手册、标准、规范等设计资料。

## 二、机械设计的一般步骤

### 1. 机械设计的基本特征

机械设计是根据使用要求对机械系统的工作原理、结构、运动方式、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,并将之转化为具体的描述以作为制造依据的工作过程。设计是创造性劳动。设计的目的是在保证机械系统功能的前提下,建立性能好、成本低、价值最优的机械系统,以满足人类社会不断增长的物质和文化需要。机械设计具有以下基本特征。

#### 1) 客观需求性

没有客观需求,就不会有设计任务。因此,设计来源于客观需求,以满足这种需求为归宿。

#### 2) 约束性

设计是在多种因素的限制和约束下进行的,其中包括科学、技术、经济等发展状况和水平的限制,也包括市场、用户所提出的特定要求和条件,同时还涉及环境、法律、社会心理、地域文化等因素。这些限制和要求构成了一组边界条件,形成了设计师进行谋划和构思的“设计空间”。设计师要想高水平地完成设计工作,就要善于协调各种关系,灵活处理,合理取舍,精心构思,而这只有充分发挥自己的创造力才能做到。

#### 3) 多解性

满足一定目的的设计方案通常并不是唯一的,解决同一个设计问题的办法也是多种多样的。任何设计对象本身都是由多种要素构成的功能系统,其功能原理、参数的选择、尺寸的确定、结构形式的设想等都有很强的选择性,因此,思维活动空间仍是很大的,最终的设计结果不是唯一的。

#### 4) 相对性

设计结论或设计结果的好坏都是相对而言的,而不是绝对的。设计者经常处于矛盾之中。例如:既要降低成本,又要增加安全性、可靠性;既要满足近期需要,又要照顾长远发展;既要功能全,又要体积小,等等。这种相互矛盾的要求给设计工作增加了难度,加上事先难以预料的一些不确定因素的影响,使得设计者对设计方案的选择和判定只能做到在一定条件下的相对最佳满意。机械设计的这种相对性特点,一方面要求设计者必须学会辩证思考,另一方面也给设计者提供了显示和发挥自己创造才能的机会。同样的设计要求,不同的人会完成水平不同的设计成果。

机械设计是机械工程的重要组成部分,既是机械生产的第一步,也是决定机械性能的最主要因素。机械设计的努力目标是:在各种限定的条件下(如材料、加工能力、理论知识和计

算手段等),按具体情况权衡轻重,统筹兼顾,设计出具有最优综合技术经济效果的机械,即做出优化设计。

## 2. 机械设计的分类

机械产品的设计由于情况不同可以分为以下三类不同的设计。

### 1) 开发设计

开发设计是指从对机械产品的新的功能要求出发,设计过去还没有过的机械。这类设计通常是在工作原理、结构等完全未知的情况下,应用成熟的科学技术,或经过实验证明可行的新技术,进行方案设计、技术设计和施工设计。这是一种完全创新的设计。

### 2) 继承设计

继承设计是指已有同类机械产品可供参考,但需要按附加要求和技术的发展对系统结构及性能参数等方面进行设计更新。这类设计通常是在原理方案基本保持不变的前提下,对产品进行局部的变更或设计一个新部件,特别是现代技术(如信息技术、控制技术等)的引入,使机械产品在质和量方面更能满足使用和市场的要求。

### 3) 变型设计

变型设计是指已有样机,仅在设计参数上加以改变,即在工作原理和功能结构都不变的情况下,变更现有产品的结构配置和尺寸,使之适应于更多的容量要求。这里的容量含义很广,如功率、转矩、加工对象的尺寸、传动比范围等。

在机械设计中,开发设计十分重要。即使是进行继承设计和变型设计,也应在创新上下功夫。创新可以使开发设计、继承设计和变型设计别具一格,从而提高机器的工作性能和市场竞争能力。

## 3. 机械新产品设计的基本内容和步骤

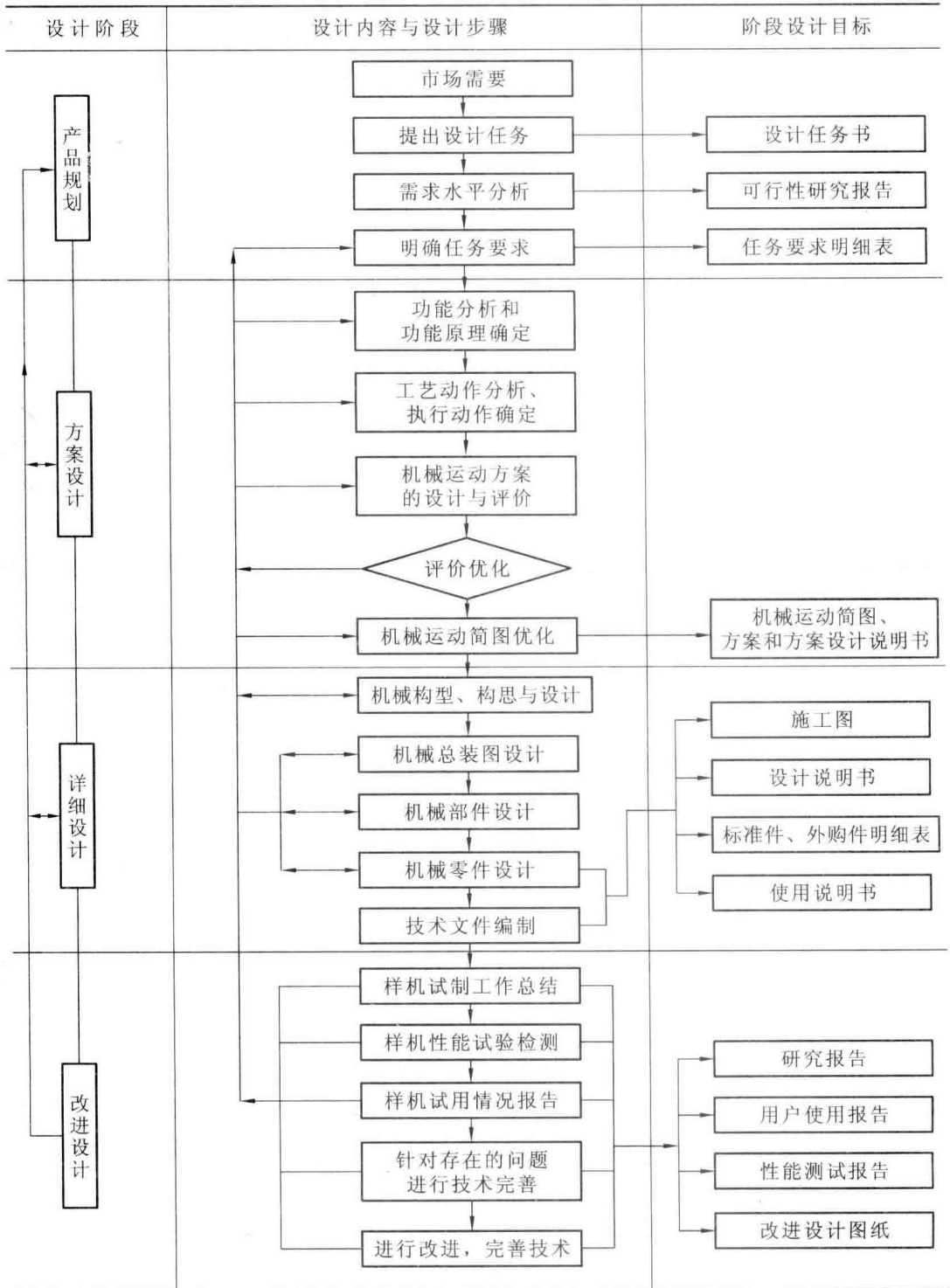
机械新产品设计的过程是一个复杂的过程,不同类型的产品、不同类型的设计,其产品的设计过程不尽相同。机械设计一般可分为产品规划、方案设计(也称概念设计)、详细设计和改进设计4个阶段,通常广泛实施和应用的流程如表0-1所示。

### 1) 产品规划阶段

产品规划阶段的中心任务是进行需求分析、市场预测、可行性分析,确定设计参数及制约条件,最后给出详细的设计任务书、可行性研究报告、任务要求明细表等,作为设计、评价和决策的依据。此阶段需对产品开发中的重大问题进行技术、经济、社会各方面的详细分析,对开发可行性进行综合研究,提出可行性研究报告。可行性研究报告的主要内容有:

- (1) 产品开发的必要性,市场需求预测;
- (2) 有关产品的国内外水平和发展趋势;
- (3) 预期达到的最低目标和最高目标,包括设计水平和技术、经济、社会效益;
- (4) 提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题;
- (5) 现有条件下开发的可能性及准备采取的措施;
- (6) 预算投资费用及项目的进度、期限。

表 0-1 机械新产品设计的一般过程



2) 方案设计阶段

需求是以产品的功能来体现的,功能与产品设计的关系是因果关系,但又不是——对应

的。体现同一功能的产品可以有多种多样的工作原理。因此,方案设计阶段就是在功能分析的基础上,通过创新构思、搜索探求、优化筛选取得较理想的工作原理方案。对于机械产品来说,在功能分析和工作原理确定的基础上进行工艺动作构思和工艺动作分解,初步拟订各执行构件动作协调配合的运动循环图,进行机构及机械系统运动方案的设计与评价等,就是机械产品方案设计的主要内容。这个阶段结束时应给出机械运动简图、方案和方案设计说明书。

### 3) 详细设计阶段

详细设计阶段主要是将机械的构型、构思和机械运动简图转化为机器及零部件的合理结构,也就是完成机械产品的总体设计、部件设计和零件设计,完成全部生产图纸并编制设计说明书等有关技术文件。

详细设计时要求零件、部件设计满足机械的功能要求,零件结构、形状要便于制造加工,常用零件尽可能标准化、通用化、系列化,总体设计还应满足总功能、人机工程学、制造美学、包装和运输等方面的要求。详细设计时,一般先将总装草图分拆成部件、零件草图,经审核无误后,再由零件工作图、部件工作图绘制出总装图。最后还要编制技术文件,如施工图,设计说明书,标准件、外购件明细表,备件、专用工具明细表等。

### 4) 改进设计阶段

改进设计阶段主要是根据样机性能测试数据、用户使用情况以及在鉴定中所暴露的各种问题,进一步做出相应的技术完善工作,以确保产品的设计质量。这一阶段是设计过程中不可分割的一部分。通过这一阶段的工作可以进一步提高产品的效能、可靠性和经济性,使产品更具生命力。这一阶段结束时应给出研究报告、用户使用报告、性能测试报告、改进设计图纸等技术文件。

## 4. 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计计算方法有很多种,如理论设计法(简化成物理、力学模型)、经验设计法(经验公式、类比法)、模型实验法、计算机辅助设计法(CAD)等。机械零件的设计大体要经过以下几个步骤。

- (1) 根据零件的使用要求(功率、转速等),选择零件的类型及结构形式。
- (2) 根据机器的工作条件,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件(包括对零件的特殊要求,如耐高温、耐腐蚀等),综合考虑材料的性能、供应情况和经济性等因素,合理选择零件的材料。
- (4) 分析零件的主要失效形式,按照相应的设计准则,确定零件的基本尺寸。
- (5) 根据工艺性及标准化的要求,设计零件的结构及其尺寸。
- (6) 绘制零件工作图,拟定技术要求。

## 三、机械零件的常用材料与结构工艺性

### (一) 机械零件的常用材料

机械零件的常用材料有碳素结构钢、合金钢、铸铁、有色金属、非金属材料及各种复合材料。其中,碳素结构钢和铸铁应用最广。

机械零件常用材料的分类和应用举例如表 0-2 所示。

表 0-2 机械零件常用材料的分类和应用举例

		材料分类	应用举例
钢	碳素结构钢	低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$ )	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等
		中碳钢(含碳量 $= 0.25\% \sim 0.60\%$ )	齿轮、轴、蜗杆、丝杠、连接件等
		高碳钢(含碳量 $\geq 0.60\%$ )	弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢(合金元素含量 $\leq 5\%$ )	较重要的钢结构和构件、渗碳零件、压力容器等
		中合金钢(合金元素含量 $= 5\% \sim 10\%$ )	飞机构件、热锻锻模具、冲头等
		高合金钢(合金元素含量 $\geq 10\%$ )	航空工业蜂窝结构、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等
铸铁	灰铸铁(HT)	低牌号(HT100、HT150)	对力学性能无一定要求的零件,如盖、底座、手轮、机床床身等
		高牌号(HT200~HT400)	承受中等静载荷的零件,如机身、底座、泵壳、齿轮、联轴器、飞轮、带轮等
	可锻铸铁(KT)	铁素体型	承受低、中、高动载荷和静载荷的零件,如减速器壳、犁刀、扳手、支座、弯头等
		珠光体型	要求强度和耐磨性较高的零件,如曲轴、凸轮轴、齿轮、活套环、轴套、犁刀等
	球墨铸铁(QT)	铁素体型	与可锻铸铁基本相同
		珠光体型	
轴承合金(巴氏合金)	锡基轴承合金	用于轴承衬套,摩擦系数低,减摩性、抗胶合性、磨合性、耐腐蚀性、韧度、导热性均良好	
	铅基轴承合金	强度、韧度和耐腐蚀性稍差,但价格较低	
塑料	热塑性塑料(如聚乙烯、有机玻璃、尼龙等)	用于一般结构零件、减摩零件、耐磨零件、传动件、耐腐蚀件、绝缘件、密封件、透明件等	
	热固性塑料(如酚醛塑料、氨基塑料等)		
橡胶	通用橡胶	用于密封件、减震件、防震件、传动带、运输带和软管、绝缘材料、轮胎、胶辊、化工衬里等	
	特种橡胶		

## (二) 机械零件材料的选择原则

合理选择材料是机械设计中的重要环节。选择材料首先必须保证零件在使用过程中具有良好的工作能力,同时还要考虑其加工工艺性和经济性。

### 1. 使用性能

材料的使用性能是指零件在工作条件下,材料应具有力学性能、物理性能以及化学性



能。对于机械零件而言,最重要的是力学性能。

零件的使用条件包括三方面:受力状况(如载荷类型、大小、形式及特点等)、环境状况(如温度特性、环境介质等)、特殊要求(如导电性、导热性、热膨胀等)。

### 1) 零件的受力状况

当零件(如螺栓、销等)受拉伸或剪切这类分布均匀的静载荷时,应选用组织均匀的材料,按塑性和强度性能选材。载荷较大时,可选屈服点  $\sigma_s$  或强度极限  $\sigma_b$  较高的材料。

当零件(如轴类零件等)受弯曲、扭转这类分布不均匀的静载荷时,应按综合力学性能选材,保证最大应力部位有足够的强度。常选用易通过热处理等方法提高强度及表面硬度的材料(如调质钢等)。

当零件(如齿轮等)受较大的接触应力时,可选用易进行表面强化的材料(如渗碳钢、渗氮钢等)。

当零件受变应力时,应选用抗疲劳强度较高的材料,常用能通过热处理等手段提高疲劳强度的材料。

对刚度要求较高的零件,宜选用弹性模量大的材料,同时还应考虑结构、形状、尺寸对刚度的影响。

### 2) 零件的环境状况及特殊要求

根据零件的工作环境及特殊要求,除对材料的力学性能提出要求外,还应对材料的物理性能及化学性能提出要求。如当零件在滑动摩擦条件下工作时,应选用耐磨性、减摩性好的材料,故滑动轴承常选用轴承合金、锡青铜等材料。

在高温下工作的零件,常选用耐热性能好的材料,如内燃机排气阀门可选用耐热钢,气缸盖则选用导热性好、比热容大的铸造铝合金。

在腐蚀介质中工作的零件,应选用耐腐蚀性好的材料。

## 2. 加工工艺性

零件毛坯的加工方法有许多,主要有热加工和切削加工两大类。不同材料的加工工艺性不同。

### 1) 热加工工艺性能

热加工工艺性能主要指铸造性能、锻造性能、焊接性能和热处理性能。表 0-3 为常用金属材料热加工工艺性能比较。

表 0-3 常用金属材料热加工工艺性能比较

热加工工艺性能	常用金属材料热加工工艺性能比较	备注
铸造性能	可铸性较好的金属的铸造性能排序:铸造铝合金、铜合金、铸铁、铸钢	铸铁中,灰铸铁铸造性能最好
锻造性能	碳素结构钢的锻造性能排序:低碳钢、中碳钢、高碳钢。合金钢:低合金钢锻造性能近于中碳钢的,高合金钢锻造性能较差	含碳量及合金元素含量越高的材料,其锻造性能相对越差
焊接性能	低碳钢和含碳量低于 0.18% 的合金钢有较好的焊接性能;含碳量大于 0.45% 的碳素结构钢和含碳量大于 0.35% 的合金钢焊接性能较差;铜合金和铝合金的焊接性能较差;灰铸铁焊接性能更差	含碳量及合金元素含量越高的材料,其焊接性能越差