

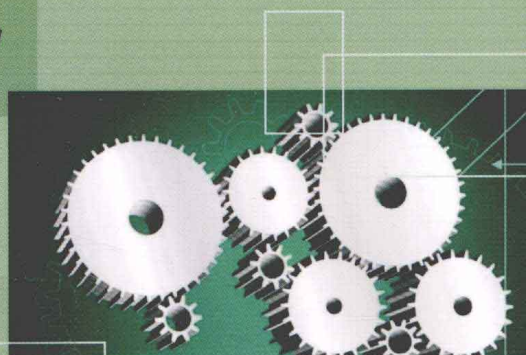
高等职业技术教育教改系列教材

机械类

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

主 编	温兆麟	韩东霞	彭卫东
副主编	郑国芬	徐艳敏	王金仙
主 审	夏洁云		



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业技术教育教改系列教材——机械类

机械设计基础

主 编 温兆麟 韩东霞 彭卫东
副主编 郑国芬 徐艳敏 王金仙
主 审 夏洁云

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

全书共 16 章, 内容包括概论、平面机构的运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺纹联接与螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系传动、轴、轴毂联接、轴承、其他常用零件、部件、机构组合。主要章节还附有相应的习题, 本书另备有各章节的 CAI 课件, 便于教师使用多媒体授课和学生学习。

本书可作为高职高专院校机械类、机电类和近机类专业的教学用书, 也可供从事机械设计、制造和维修等工作的有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

机械设计基础 / 温兆麟, 韩东霞, 彭卫东主编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2010.8
(高等职业技术教育教改系列教材. 机械类)
ISBN 978-7-5643-0753-0

I. ①机… II. ①温… ②韩… ③彭… III. ①机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 145082 号

高等职业技术教育教改系列教材——机械类 机械设计基础

主编 温兆麟 韩东霞 彭卫东

*

责任编辑 黄淑文

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 17.5

字数: 439 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0753-0

定价: 32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

“机械设计基础”是高职高专院校机械类各专业学生必修的一门重要的专业基础课,是从理论性、系统性很强的基础课和专业基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。本书是根据国家对高职高专技能型人才培养的要求,本着“突出技能,重在实用,淡化理论,追求创新”的指导思想,结合当前高职高专教育的实际情况编写而成。通过本课程的学习,可以使學生掌握常用机构和通用零件的基本理论和基本知识,初步具有分析、设计能力,并获得必要的基本技能训练,同时培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风,为学习有关专业课程以及参与技术改造奠定必要的基础。

本书有以下一些具体内容和特色:

1. 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。在保证学生掌握基本知识、基本理论、基本技能的前提下,充分考虑目前高职院校的生源状况,按照“删繁就简、由浅入深、循序渐进”的原则精选教学内容,内容力求简明、实用、够用,淡化公式推导,突出工程应用,努力提高学生解决实际问题的能力。

2. 符合高职高专学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。

3. 在每章的开始都增加了案例导入。通过案例导入,使读者了解本章能够和将要解决的主要实际问题,明确自己的学习目的。

4. 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,注重吸收最新的教学理念,适度增加了适应科技发展的新知识、新技术、新工艺和新案例等内容,培养学生创新意识和创新能力。适当考虑知识的连续性和学生继续学习的需要,适度拓宽了知识面,如在介绍完连杆、凸轮和间歇机构后,在本书的最后一章增加了组合机构内容,希望有助于学生更灵活地掌握这些机构组合使用的技巧和设计方法。

5. 注重立体化教材建设,通过主教材、电子教案、习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

本书内容丰富,一些章节并非必须讲授的内容,可以根据专业需要予以取舍或侧重,有些内容可以安排学生自学。

参加本书编写工作的有:吉林交通职业技术学院韩东霞(第1、2、4、5章)、广州航海高等专科学校温兆麟(第3、16章)、郑国芬(第6、7、8章)、徐艳敏(第9、10章)、广东工贸职业技术学院彭卫东(第11、13、14章)、山西交通职业技术学院王金仙(第12、15章)。由温兆麟、韩东霞、彭卫东担任主编,郑国芬、徐艳敏、王金仙任副主编。全书由温兆麟最后定稿。

本书由广东工程职业技术学院夏洁云主审。主审对初稿提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于我国高等职业教育改革和发展速度很快，加之我们的水平和经验有限，书中疏漏及不当之处，恳请广大读者和同仁批评指正，并与我们联系（wenzhaolin@126.com），编者不胜感谢。

编 者
2010 年 6 月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 机器及其组成部分	2
1.2 本课程研究的内容、性质和任务	4
1.3 机械设计的基本要求和一般过程	5
1.4 机械零件的主要失效形式和设计准则	7
1.5 机械零件常用材料及其选用原则	9
思考题与习题	14
第2章 平面机构的运动简图和自由度	15
2.1 研究机构结构的目的	16
2.2 平面机构运动简图	16
2.3 平面机构的自由度	20
思考题与习题	24
第3章 平面连杆机构	27
3.1 平面连杆机构的特点和应用	27
3.2 铰链四杆机构的基本类型及其应用	28
3.3 铰链四杆机构存在曲柄的条件	32
3.4 铰链四杆机构的演化	33
3.5 平面四杆机构的基本特性	38
3.6 平面四杆机构设计	44
思考题与习题	46
第4章 凸轮机构	47
4.1 凸轮机构的应用及类型	48
4.2 从动件常用的运动规律	50
4.3 图解法设计凸轮轮廓曲线	56
4.4 凸轮机构基本尺寸的选取	59
思考题与习题	61
第5章 间歇运动机构	63
5.1 槽轮机构	63
5.2 棘轮机构	65
5.3 不完全齿轮机构	70
5.4 凸轮式间歇运动机构	70
思考题与习题	71

第 6 章 螺纹联接与螺旋传动	72
6.1 螺纹联接的基本知识	72
6.2 螺纹联接的基本类型及螺纹联接件	76
6.3 螺纹联接的预紧与防松	79
6.4 单个螺栓联接的强度计算	81
6.5 螺栓组联接的结构设计	86
6.6 螺旋传动简介	88
思考题与习题	89
第 7 章 带传动	90
7.1 带传动的类型、特点和应用	90
7.2 V 带和带轮结构	92
7.3 带传动的工作情况分析	95
7.4 普通 V 带传动的设计	98
7.5 同步齿形带传动	104
7.6 带传动的张紧、安装与维护	105
思考题与习题	106
第 8 章 链传动	107
8.1 链传动的组成、特点、应用及类型	107
8.2 链传动的工作情况分析	111
8.3 滚子链传动的设计	113
8.4 链传动的使用与维护	118
思考题与习题	120
第 9 章 齿轮传动	121
9.1 齿轮传动的的基本类型和特点	121
9.2 渐开线齿廓的形成与特点	122
9.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	125
9.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	128
9.5 渐开线齿轮的加工方法与齿轮传动精度	130
9.6 渐开线齿廓的根切现象与标准外齿轮的最少齿数	132
9.7 变位齿轮	133
9.8 齿轮的主要失效形式与设计准则	134
9.9 齿轮的常用材料及许用应力	135
9.10 渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计计算	138
9.11 斜齿圆柱齿轮传动	145
9.12 直齿锥齿轮传动	149
9.13 齿轮的结构	152
9.14 齿轮传动的润滑	153
思考题与习题	154

第 10 章 蜗杆传动	156
10.1 蜗杆传动的类型、特点和应用	156
10.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	157
10.3 蜗杆传动的失效形式和工作能力计算	160
10.4 蜗杆传动的材料和结构	161
10.5 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算	163
思考题与习题	165
第 11 章 齿轮系传动	167
11.1 轮系的分类	167
11.2 定轴轮系传动比的计算	168
11.3 行星轮系传动比的计算	172
11.4 混合轮系传动比的计算	174
11.5 轮系的功用	175
11.6 其他新型齿轮传动简介	178
11.7 减速器	179
思考题与习题	182
第 12 章 轴	184
12.1 概 述	184
12.2 轴的材料	187
12.3 轴的结构设计	189
12.4 轴的强度计算	194
12.5 轴的刚度计算	199
12.6 轴的设计实例	200
12.7 轴的使用与维修	203
思考题与习题	204
第 13 章 轴毂联接	205
13.1 键联接	205
13.2 花键联接	209
13.3 销联接	210
13.4 成形联接	211
思考题与习题	213
第 14 章 轴 承	214
14.1 轴承的类型	214
14.2 滚动轴承的结构、类型及特点	214
14.3 滚动轴承的代号及类型选择	218
14.4 滚动轴承的寿命计算和静强度计算	222

14.5 滚动轴承的组合设计	229
14.6 滚动轴承的使用与维护	237
14.7 滑动轴承	239
14.8 滚动轴承与滑动轴承的性能比较	245
思考题与习题	245
第 15 章 其他常用零件、部件	247
15.1 联轴器	247
15.2 离合器	251
15.3 弹 簧	255
思考题与习题	259
第 16 章 机构组合	260
16.1 串联式机构组合	260
16.2 并联式机构组合	264
16.3 复合式机构组合	268
16.4 叠加式机构组合	270
参考文献	272

第1章 概论

【学习目标】 机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或者改进原有机件性能。本章扼要阐明机械设计中的共性问题，如机械设计的基本要求 and 一般设计程序、机械零件的材料及材料选择的基本原则等。

【案例导入】 人类在长期的生产实践中，为了减轻劳动强度，改善劳动条件、提高劳动生产率和创造更多的物质财富，设计和制造了各种各样的机械设备，如机床、汽车、起重机、电动机、洗衣机、输送机、机器人和航天器等。如图 1.1 所示是颚式破碎机，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 及机架等组成，具体见图 1.2 和图 1.3。电动机的转动通过带传动带动偏心轴转动，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。在动颚板绕悬挂心轴向定颚板摆动的过程中，位于两颚板之间的物料便受到压碎、劈裂和弯曲等综合作用。开始时，压力较小，使物料的体积缩小，物料之间互相靠近、挤紧；当压力上升到超过物料所能承受的强度时，即发生破碎。反之，当动颚离开定颚向相反方向摆动时，物料则靠自重向下运动。动颚的每一个周期性运动就使物料受到一次压碎作用，并向下排送一段距离。经若干个周期后，被破碎的物料便从排料口排出机外。

本章将介绍本课程的基础知识，让学生了解机械设计的基本方法和一般过程。

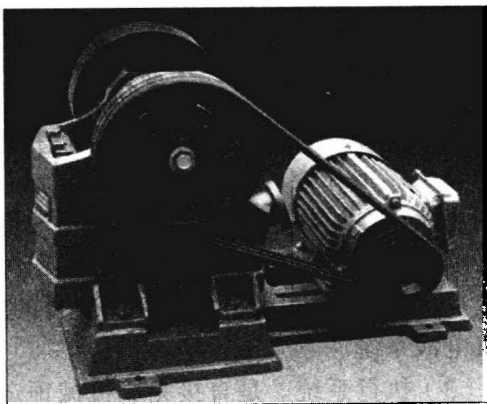


图 1.1 颚式破碎机

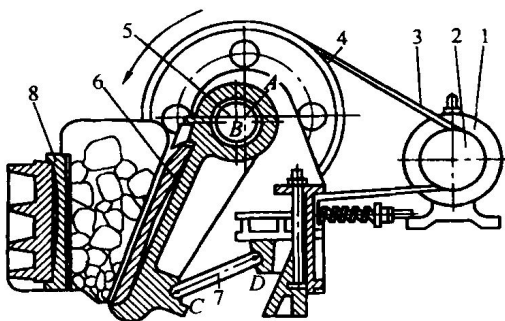


图 1.2 颚式破碎机工作原理图

1—电动机；2、4—带轮；3—V带；5—偏心轴；
6—动颚板；7—摇杆；8—定颚板

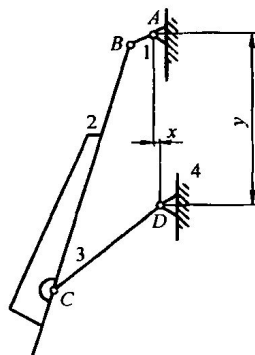


图 1.3 颚式破碎机机构简图

1—偏心轴；2—动颚板；3—摇杆；4—机架

1.1 机器及其组成部分

1.1.1 机械的组成系统

随着科学技术和工业生产的飞速发展,计算机技术、电子技术和机械技术的有机结合,实现了机电一体化,促使机械向着高速、高效、多功能、精密、自动化和轻量化方向发展。机械的发展程度是衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

虽然机械的种类繁多,形式也各不相同,但却有一些共同的特征,就其组成而言,一部完整的机械主要由以下子系统或部分组成:

(1) 驱动系统。是机械的动力来源,其作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并做功,如电动机、内燃机。如图 1.4 所示的汽车发动机。

(2) 传动系统。是将驱动系统的运动和动力传递给执行系统的中间环节。如图 1.4 所示的汽车底盘上的变速器。传动系统可以改变运动速度、转换运动形式,以满足工作部分的各种要求,如减速器将高速转动变为低速转动,螺旋机构将旋转运动转换成直线运动。传动系统可以分为以下几类:① 机械传动系统,即利用机构实现传动的系统;② 液、气传动系统,即利用液压泵、阀、执行器等元件实现传动的系统,或以压缩空气为介质的传动系统;③ 电力传动系统,即利用电动机或电气装置实现传动的系统;④ 由前三大类组成的不同组合的传动系统,如机电液系统。

(3) 执行系统。是直接完成机械预定功能的部分,如机床的主轴和刀架、起重机的吊钩等。执行系统包括执行机构和执行构件,如图 1.4 中的汽车车轮。执行系统通常处于传动系统的末端,直接与作业对象接触。执行系统工作性能的好坏,直接影响整个机械系统的性能。

(4) 控制和信息处理系统。用来控制机械的其他部分协调有序地工作,并准确可靠地完成整个机械系统功能。操作者依靠控制系统能随时实现或停止各项功能,如机器的开停、运动速度和方向的改变等。控制系统通常包括机械和电子控制系统,如汽车的微机控制点火系统。现代机械的控制和信息测量及处理是由计算机来完成的,如机器人、全自动照相机和加工中心等。

机械的组成不是一成不变的,有些简单机械不一定完整具有上述四个部分,有的甚至只有动力部分和执行部分,如水泵、砂轮机等,而对于较复杂的机械,除具有上述四个部分,还有润滑、照明装置等。

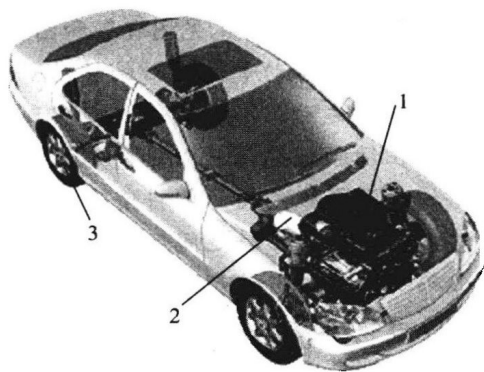


图 1.4 汽车

1—发动机; 2—变速器; 3—车轮

1.1.2 机器与机构

机器的传动系统和执行系统都是由各种机构组成的。一部机器可以包含一个或若干个机构。机构是多个构件的组合,能实现预期的机械运动。例如现代汽车发动机基本上采用的是内燃机,它是将燃料在汽缸内燃烧所产生的热能转化为机械能的机器。图 1.5 所示为内燃机,

组成内燃机的机构有：由汽缸体 1、齿轮 5、齿轮 6 组成的齿轮机构；由汽缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4 组成的曲柄滑块机构；由汽缸体 1、凸轮 7、进气阀推杆 8 组成的凸轮机构等。各机构如图 1.6 所示。

各种机器尽管有着不同的形式、构造和用途，然而都具有下列三个共同特征：① 机器是人为的多种实物组合；② 各部分形成运动单元，各单元之间具有确定的相对运动；③ 能实现能量转换（如内燃机把油燃烧的热能转化为曲轴转动所作的机械功；颚式破碎机把电能转化为压碎物料所需的功）。

在实际生产过程中，还采用多种机器组合起来，完成比较复杂的过程，这种机器系统称为生产线。

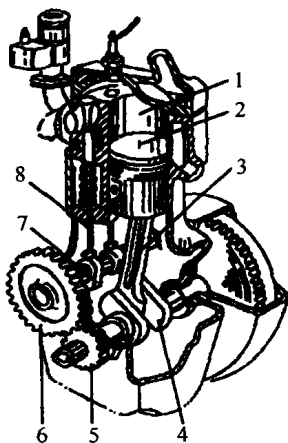
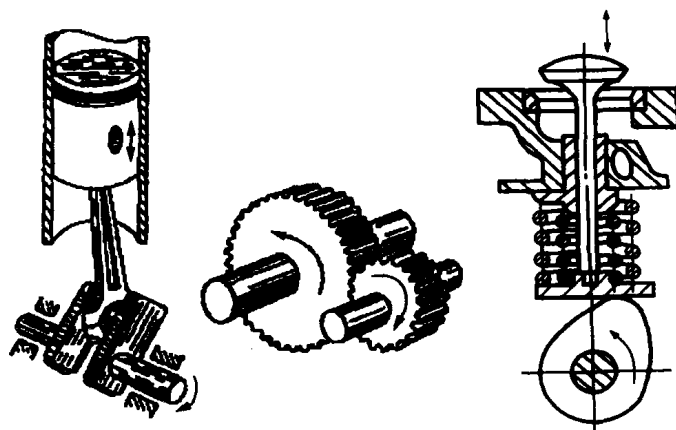


图 1.5 内燃机

1—汽缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；
5、6—齿轮；7—凸轮；8—推杆



(a) 曲柄滑块机构 (b) 齿轮机构 (c) 凸轮机构

图 1.6 组成内燃机的机构

1.1.3 机构的组成

从运动观点来看，机械由一些相对独立运动的单元体组成，这些单元体称为构件。从制造观点来看，机构是由许多独立加工的单元体组成，这些单元体称为零件。由此可知，构件是运动的基本单元，而零件是制造的基本单元。根据机械中零件的用途不同，分成通用零件和专用零件。凡在各种机械中都经常使用的零件，称为通用零件，例如螺钉、齿轮、轴、弹簧等；只在某些类型机械中使用的零件，称为专用零件，例如内燃机的活塞、曲轴、汽轮机的叶片等。而为完成同一使命在结构上（可拆卸或不可拆卸）组合在一起并协同工作的零件，称为部件，例如减速器等。

构件可以是单一的零件，内燃机中的曲轴 4 是一个构件，如图 1.7 所示；也可以是由几个零件组成的刚性体，内燃机中的连杆 3 是由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓、螺母、开口销等零件刚性连接而成，如图 1.8 所示。

当由构件组成机构时，各个构件都以一定的方式与其他构件相互连接。这种由两个构件直接接触并能产生一定的相对运动的连接称为运动副。如图 1.9 所示，轴与轴承的配合、滑块

与导轨的接触、两齿轮轮齿的啮合等都构成了运动副。运动副是组成机构的另一基本要素。

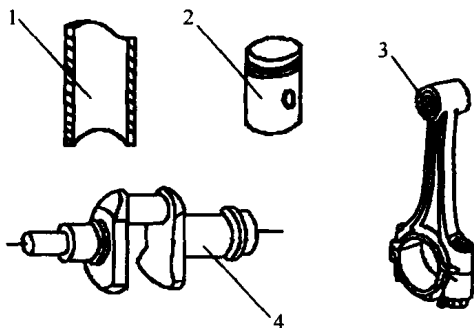


图 1.7 组成内燃机曲柄滑块机构的构件

1—气缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴

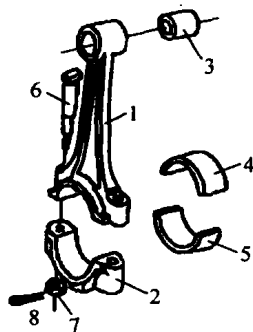
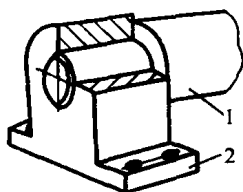
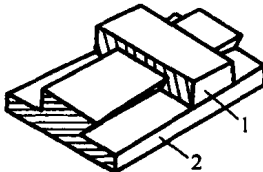


图 1.8 构成连杆的零件

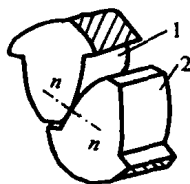
1—连杆体；2—连杆盖；3, 4, 5—轴瓦；6—螺栓；
7—螺母；8—开口销



1—轴；2—轴承



1—滑块；2—导轨



1、2—齿轮轮齿

图 1.9 运动副

机构与机器的区别在于：机构是把一个或几个构件的运动，变换成其他构件所需的具有确定运动的构件系统，而机器除了构件系统外还包括电气、液压等其他装置；机构只用于传递运动和力，实现预期的机械运动，而机器除了传递运动和力外，还具备传递和变换能量、物料、信息的功能。两者之间也有联系：机器是由几个机构组成的系统，最简单的机器只有一个机构。

从现代机械发展趋势来看，机构中的各构件可以都是刚性构件，某些构件也可以是柔性构件、弹性构件、液体、气体和电磁体等，并且将各驱动元件与执行系统配合在一起使用。

通常把能实现确定的机械运动，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。

1.2 本课程研究的内容、性质和任务

本课程主要介绍机械系统、机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。此外，还扼要介绍国家标准和有关规范。这对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。本课程的内容可为学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。课程研究目的是培养学生具有一定机械设计的能力，设计出能够满足功能与制造要求的机械系统、机构和机械零件。

本课程是一门培养学生具有基本机械设计能力的技术基础课。本课程需要综合运用机械制图、工程力学、金属工艺学、机械工程材料与热处理等先修课程的知识 and 生产实践经验,解决常用机构和通用零部件的设计问题,所涉及的知识面较广且偏重于工程应用。

随着科学技术的进步和生产过程机械化、自动化水平的不断提高,对于工程技术人员来说,必将遇到新型机械产品的开发,现有机械设备的改造、使用、管理等问题,这就要求各个专业的工程技术人员,都应具备一定的机械设计知识。

本课程的主要任务为:

(1) 使学生认识和了解机械系统的组成与结构、机械系统的功能和工作原理,能正确选择和使用通用机械。

(2) 让学生了解机械设计的基本要求、基本内容和一般程序,掌握机械零件常用设计准则。

(3) 使学生理解机构的结构、运动特性和机械动力学的基础知识,为学生将来从事机械产品的设计、开发提供必要的理论基础。

(4) 使学生掌握通用机械零件的工作原理、结构特点、维护和设计计算的基本知识,初步具有从事简单机械装置设计以及设备使用、维护管理和故障分析的能力。

(5) 培养学生运用标准、规范、手册、图册及查阅有关技术资料的能力和编写设计说明书的能力。

(6) 培养学生获得实验技能的基本训练。

总之,本课程是理论性与实践性很强的机械类与近机类专业的主干课程。在教学中具有承上启下的作用,是机械工程师的必修课程。

1.3 机械设计的基本要求和一般过程

设计是机械产品研制的第一步,设计的好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益,机械设计就是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、力和能量的传递方式,以至各个零件的材料、尺寸和形状,以及使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。

在设计机器及机械零件时,应认真考虑以下基本要求:

(1) 功能要求。满足机器预定的工作要求,如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、需要传递的功率,以及某些使用上的特殊要求(如高温、防潮等)。

(2) 可靠性与安全性要求。可靠性是指在规定的条件下和规定的时间内,机械产品完成其功能的能力。安全性是指为防止机械产品失效导致人身、物资等重大损失而在设计时采取的预防措施。

(3) 经济性要求。设备的寿命是指设备从最初的调查研究开始直到报废的整个过程。它包括调查研究、计划、设计、制造、选型、购置、安装、调试、运转、维修、更新、报废等环节。机械的经济性应该体现在设计、制造和使用的全过程,是一项综合性指标。要求设计及制造成本低、机器生产率高、能源和材料消耗少、维护及管理费用低等。在产品整个设计周期中,必须把产品设计、销售及制造三方面作为一个系统工程来考虑,用价值工程理论指导产品设计,正确使用材料,采用合理的结构尺寸和工艺,以降低产品的成本。

设计机械系统和零部件时,应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量、降低制造成本。

(4) 社会性要求。要求所设计的机器不仅使用性能好、尺寸小、价格低,而且机械系统外形美观,便于操作和维修,尽可能地降低噪声,减轻对环境的污染。

(5) 其他特殊要求。考虑有些机械由于工作环境和要求不同,而对设计提出某些特殊要求,例如食品卫生条件、耐腐蚀、高精度要求等。

机械产品的设计过程,一般如图 1.10 所示,分为以下几个程序:

(1) 明确设计任务。产品设计是一项为实现预定目标的有目的的活动,因此正确地决定设计目标(任务)是设计成功的基础。明确设计任务包括定出技术系统的总体目标和各项具体的技术要求,这是设计、优化、评价、决策的依据。

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。

(2) 调查研究。在明确任务的基础上,广泛地开展市场调查。其内容主要包括用户对产品的功能、技术性能、价位、可维修性及外观等具体要求;国内外同类产品的技术经济情报;现有产品的销售情况及该产品的预测;原材料及配件供应情况;有关产品可持续发展的有关政策、法规等。

(3) 可行性论证。针对上述技术、经济、社会等各方面的情报进行详细分析,并对开发的可能性进行综合研究,提出产品开发的可行性论证报告。报告一般包括以下内容:产品开发的必要性,市场需求预测;有关产品的国内外水平和发展趋势;预期达到的最低目标和最高目标,包括设计技术水平、经济效益、社会效益等;在现有条件下开发的可能性论述及准备采取的措施;提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题;投资费用预算及项目的进度、期限等。

(4) 总体设计。机械系统总体设计是指根据机器要求进行功能设计研究。总体设计包括确定工作部分的运动和阻力,选择原动机的种类和功率,选择传动系统,机械系统的运动和动力计算,确定各级传动比和各轴的转速、转矩和功率。总体设计时要考虑到机械的操作、维修、安装、外廓尺寸等要求,确定机械系统各主要部件之间的相对位置关系及相对运动关系,人一机一环境之间的合理关系。总体设计对机械系统的制造和使用都有很大的影响,为此,常需做出几个方案加以分析、比较,通过优化求解得出最佳方案。

(5) 技术设计。技术设计又称结构设计。其任务是根据总体设计的要求,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。

(6) 样机试制。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、

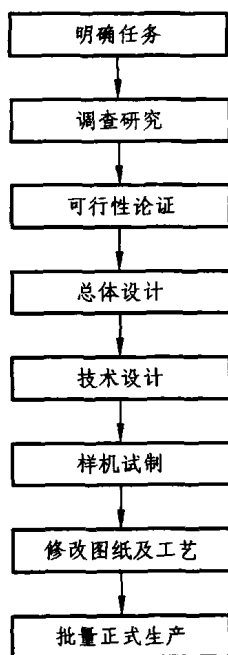


图 1.10 机械设计的一般过程

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纸，以更好地满足设计要求。

(7) 批量正式生产。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进一步完善的过程。设计过程中还应注意以下几点：

(1) 设计过程要有全局观点，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，处理人一机一环境之间的关系。

(2) 善于运用创造性思维和方法，注意考虑多方案解，避免解答的局限性。

(3) 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。

(4) 要注意反馈及必要的工作循环。解决问题要由抽象到具体，由局部到全面，由不确定到确定。

1.4 机械零件的主要失效形式和设计准则

机械零件不能正常工作或达不到设计要求时，称该零件为失效。零件失效与破坏是两个概念，失效并不一定意味着破坏，如塑性材料制造的零件，工作时虽未断裂，但由于其过度变形而影响其他零件的正常工作也是失效；齿轮由于齿面发生点蚀丧失了工作精度；带传动由于摩擦力不足而发生打滑等都是失效。

1. 机械零件主要的失效形式

(1) 断裂。主要表现为：零件在受拉、压、弯、扭等外载荷的作用下，某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时将发生断裂，例如螺栓的断裂、齿轮轮齿根部的折断等；零件在循环交变应力的作用下，危险截面上超过零件的疲劳强度而发生疲劳断裂，如图 1.11 所示。

(2) 变形失效。当零件上应力超过材料的屈服极限时，零件将发生塑性变形，使零件的尺寸和形状改变，破坏零件的相对位置和配合，使机器不能正常工作。例如，机床上因夹持定位件的过大塑性变形降低了加工精度；汽轮机汽缸的水平结合面因变形而漏气等。齿轮齿面塑性变形如图 1.12 所示。

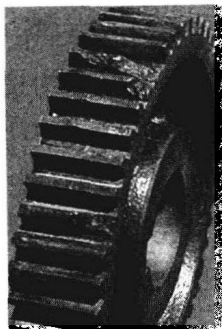


图 1.11 齿轮轮齿断裂



图 1.12 齿轮齿面塑性变形

(3) 工作表面失效。零件的表面失效主要有磨损、疲劳点蚀、表面压溃、胶合等。磨损是两个接触表面在作相对运动的过程中表面物质丧失或转移的现象, 所有作相对运动的零件接触表面都有可能发生磨损。腐蚀是发生在金属表面的一种电化学或化学侵蚀现象。腐蚀的结果是使金属表面产生锈蚀, 从而使零件表面遭到破坏。处于潮湿空气中或与水、汽及其他腐蚀性介质相接触的金属零件, 均有可能发生腐蚀现象。在变化的表面接触应力作用下, 点接触或线接触的接触表面累积产生麻点形状的损伤现象, 属于表面疲劳失效。面接触的零件, 在外载荷作用下, 接触表面因互相挤压作用将产生挤压应力, 若挤压应力过大, 塑性材料将产生表面塑性变形; 脆性材料将产生表面破碎, 这就是表面压溃失效。胶合失效是在重载下润滑失效致使金属实体直接接触及过高的温度使滚动或滑动的接触表面粘着并撕裂。如图 1.13 和图 1.14 所示。

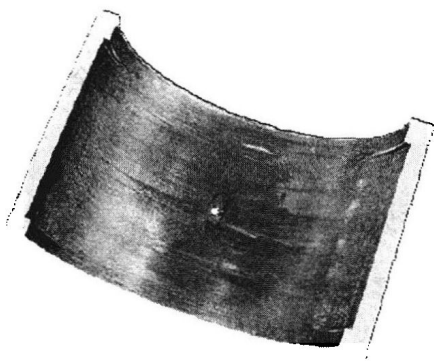


图 1.13 轴瓦磨损

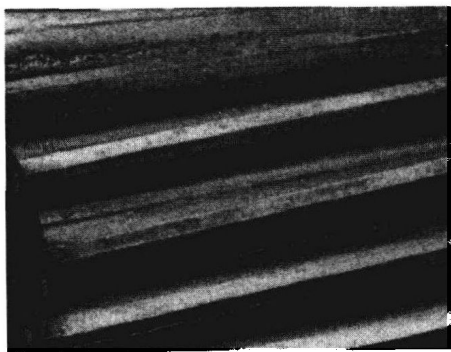


图 1.14 齿面接触疲劳

(4) 破坏正常工作条件而引起的失效。包括发生强烈的振动以及破坏正常工作条件引起的失效(如联接松动、摩擦表面打滑等)。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。

同一种零件可能有多种失效形式, 究竟什么是主要的失效形式, 取决于零件的材料、受载情况、结构特点和工作条件。例如: 对于轴, 它可能发生疲劳断裂, 也可能发生过大的弹性变形, 也可能发生共振等。对于一般载荷稳定的转轴, 疲劳断裂是其主要失效形式。对于精密主轴, 过量的弹性变形是其主要失效形式。对于高速转动的轴, 发生共振、失去稳定性是其主要失效形式。

2. 机械零件的设计准则

设计机械零件时, 保证零件在规定期限内不产生失效所依据的原则, 称为设计计算准则。为了使设计零件能在预定时间内和规定工作条件下正常工作, 设计机械零件时应满足下面的基本要求:

(1) 强度要求。强度是保证机械零件正常工作的基本要求。为了避免零件在工作中发生断裂, 必须使零件工作时满足下面的设计准则:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{或} \quad \tau \leq [\tau]$$