

普通高等教育“十三五”规划教材



Fundamentals of Mechanical Design

机械设计基础

郑树琴 © 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前

普通高等

教材

机械设计基础

主编 郑树琴

副主编 李秀春 常艳红 李秀红

参编 许和变 洪业 亓秀梅 秦晓峰

本教材是根据教育部“高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求”编写的。本教材充分体现出编者多年来对机械设计基础课程不断进行改革的成果。在编写中，以“打好基础、精选内容、不断更新、利于教学、打造精品”为原则，着重突出课程的基本理论、基本知识和基本方法，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

1) 本教材力求将理论与实际相结合，做到学以致用。全书共分17章。第1章总论，有绪论和机械设计概论两章。第2章常用机构，有平面机构的运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、其他常用机构简介等。第3章机械传动，有齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等。第4章连接，有螺纹连接、销连接、轴毂连接、键连接、联轴器和离合器连接等。第5章轴及轴承零件，有轴和轴承两章。第6章减速器，有齿轮式和蜗轮蜗杆式。

本教材每章开始之前都安排了“知识导读”，使读者在了解其主要内容以及学习的关键点。使读者能准确地把握知识点；在有些章节的基本内容后设置一些相应的拓展内容，增大了信息量，目的是为了开阔学生的视野，满足学生不同层次的需求；每章后精选了适量的基础题和综合题，使学生能灵活运用所学知识解决实际问题。

2) 本教材力求将理论与实际相结合，做到学以致用。本教材在编写时，从常见的典型机构开始，在后面的章节中，逐步过渡到各种常用机构、各种重要的传动、轴系的安装、维护和保养等内容。

3) 本教材语言精练、内容翔实。为了适应社会的发展和学生的需求，本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

除了正文外，还增加了许多拓展内容，为读者提供了创新设计的思路和方法。本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

机械工业出版社

本教材的编写人员包括：郑树琴、李秀春、常艳红、李秀红、许和变、洪业、亓秀梅、秦晓峰等。本教材在编写时，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进、由简到繁、由静到动、由平面到空间、由二维到三维、由理论到实践、由模仿到创新、由单一到综合、由局部到整体、由点到面、由线到面、由面到体。

本教材系统地介绍了机械设计的基础理论,包括机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和设计方法。

本教材共分6篇17章:第1篇总论,第2篇常用机构,第3篇机械传动,第4篇连接,第5篇轴及轴系部件,第6篇减速器。本教材采用最新的国家标准,突出基本知识、基本理论和基本方法以及设计技能的基本训练。每章之前都有知识导读,各章之后都附有适量的思考题与习题供读者使用。

本教材可作为高等工科院校机类、近机类本科或专科各专业48~80学时“机械设计基础”课程的教材,也可作为函授大学、电大、夜大及自学考试用教材,还可作为相关技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郑树琴主编. —北京:机械工业出版社,2016.11
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-55116-4

I. ①机… II. ①郑… 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(2016)第246419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:余 皞 责任编辑:余 皞 章承林 商红云
责任校对:刘雅娜 封面设计:张 静
责任印制:李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷
2017年1月第1版第1次印刷
184mm×260mm·19.5印张·474千字
标准书号:ISBN 978-7-111-55116-4

定价:39.80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

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

本教材是根据教育部“高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求”编写的。本教材充分体现出编者多年来对机械设计基础课程不断进行改革的成果。在编写中，以“打好基础、精选内容、不断更新、利于教学、打造精品”为原则，着重突出课程的基本理论、基本知识和基本方法，并采用最新的国家标准和名词术语。

本教材的编写具有以下特点：

1) 本教材结构编排新颖、合理，知识体系清晰、完整。

全书共分6篇17章。

第1篇总论，有绪论和机械设计概论两章。

第2篇常用机构，有平面机构的运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、其他常用机构简介等。

第3篇机械传动，有齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等。

第4篇连接，有螺纹连接、轴毂连接、轴间连接等。将键连接、花键连接和销连接编排在轴毂连接一章；而联轴器和离合器作为轴间连接。

第5篇轴及轴系部件，有轴和轴承两章。轴承一章包括滚动轴承和滑动轴承两大类型。

第6篇减速器，有轮系和减速器两章。

本教材每章开始之前都编排了“知识导读”，供读者在学习本章知识之前能了解其主要内容以及学习的重点和难点，使读者能准确地把握知识点；在有些章节的基本内容后设有一节相应的拓展内容，增大了信息量，目的是为了开阔学生们的视野，满足学生不同层次的需求；每章后精选了适量的思考题和习题，为读者巩固学习成果起到重要的作用。

2) 本教材力求将理论与实际有机地结合在一起，突出实用性。

本教材在编写时，从常见的典型机器开始，在后面的章节中以其为主线将组成机器的各种常用机构、各种重要的传动、连接等呈现在读者面前。本教材中对重要的传动等增加了使用时的安装、维护和保养等内容，突出了实用教学的特点，重在培养学生的实践能力和创新能力。

3) 本教材语言精练、内容紧凑、信息量大、知识面宽。

为了适应社会的发展和读者的需求，本教材除重点介绍机械中的常用机构和传动外，还向读者介绍广义机构和组合机构的设计问题及在实际中的应用，增大了教材的信息量，为读者提供了创新设计的平台。

本教材的编写人员均为太原理工大学的教师，由郑树琴任主编，李秀春、常艳红、李秀红任副主编。参加编写的工作人员及分工如下：郑树琴编写第6、8、16章；李秀春编写第1、3、4、5、7章；常艳红编写第10、14、15章；李秀红编写第11章；许和变编写第2章；

洪业编写第 13 章；元秀梅编写第 9、12 章；秦晓峰编写第 17 章。

本教材在编写过程中得到了太原理工大学机械设计教研室同行的大力支持和帮助。在此深表感谢。

尽管我们努力将本教材打造成精品，但由于编者水平有限，教材中的错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。对本教材的意见和建议请寄太原理工大学机械工程学院（邮编 030024）。

编者

目 录

前言

第 1 篇 总 论

第 1 章 绪论	2
1.1 本课程的研究对象	2
1.2 本课程的内容、性质和任务	6
思考题与习题	6
第 2 章 机械设计概论	7
2.1 概述	7
2.2 机械零件的强度	8

2.3 机械零件的表面强度	11
2.4 机械零件的常用材料	13
2.5 机械零件的工艺性	16
2.6 机械零件的标准化、系列化、通用化	18
2.7 机械设计中的常用设计方法	18
思考题与习题	20

第 2 篇 常用机构

第 3 章 平面机构的运动简图及自由度	22
3.1 运动副、运动链和机构的组成	22
3.2 平面机构运动简图	24
3.3 平面机构的自由度	28
3.4 拓展内容——机构的速度瞬心	32
思考题与习题	34
第 4 章 平面连杆机构	38
4.1 平面连杆机构的组成及特点	38
4.2 铰链四杆机构的三种基本型式及应用	39
4.3 铰链四杆机构的演化	42
4.4 铰链四杆机构有曲柄的条件及主要工作特性	45
4.5 图解法设计平面四杆机构	49
4.6 拓展内容——解析法设计四杆机构	51
思考题与习题	52
第 5 章 凸轮机构	55
5.1 概述	55
5.2 从动件的常用运动规律	58
5.3 图解法设计凸轮轮廓曲线	62

5.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	65
5.5 拓展内容——解析法设计凸轮轮廓曲线	67
思考题与习题	69
第 6 章 齿轮机构	72
6.1 齿轮机构的特点及类型	72
6.2 齿廓啮合基本定律	74
6.3 渐开线齿廓	74
6.4 齿轮各部分名称及渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本尺寸	76
6.5 一对渐开线标准齿轮的啮合	78
6.6 渐开线齿轮的切齿原理	80
6.7 根切现象、最少齿数及变位齿轮	82
6.8 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	84
6.9 锥齿轮机构	88
6.10 拓展内容——斜齿圆柱齿轮及直齿锥齿轮的当量齿数	91
思考题与习题	92

第 7 章 其他常用机构简介	95
7.1 棘轮机构	95
7.2 槽轮机构	100

7.3 不完全齿轮机构	104	7.6 拓展内容——组合机构	110
7.4 凸轮式间歇运动机构	106	思考题与习题	111
7.5 广义机构	107		

第3篇 机械传动

第8章 齿轮传动	114	9.7 蜗杆传动的强度计算	148
8.1 齿轮传动的失效形式及计算准则	115	9.8 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡 计算	149
8.2 齿轮材料及其热处理	117	9.9 蜗杆传动的安装与维护	153
8.3 齿轮传动的精度及选择	119	9.10 拓展内容——圆弧圆柱蜗杆传动 简介	154
8.4 直齿圆柱齿轮传动的受力分析及 计算载荷	119	思考题与习题	154
8.5 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	121	第10章 带传动和链传动	156
8.6 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	127	10.1 带传动概述	156
8.7 锥齿轮传动的强度计算	130	10.2 带传动的受力分析和应力分析	160
8.8 齿轮的结构	132	10.3 带传动的弹性滑动和打滑	161
8.9 齿轮传动的效率、润滑与维护	134	10.4 带传动的失效形式、设计准则和 许用功率	162
8.10 拓展内容——其他齿轮传动简介	135	10.5 V带传动的设计计算	164
思考题与习题	136	10.6 链传动概述	167
第9章 蜗杆传动	139	10.7 链传动的运动特性和受力分析	170
9.1 蜗杆传动的类型和特点	139	10.8 滚子链传动的设计计算	172
9.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸 计算	141	10.9 链传动的布置形式、润滑与张紧	175
9.3 蜗杆传动的啮合特性和运动关系	143	10.10 拓展内容——同步带传动	178
9.4 蜗杆传动的失效形式和设计准则	145	思考题与习题	178
9.5 蜗杆、蜗轮的材料与结构	145		
9.6 蜗杆传动的受力分析	147		

第4篇 连接

第11章 螺纹连接	181	12.2 花键连接	211
11.1 螺纹	181	12.3 销连接	212
11.2 螺纹连接的基本类型及螺纹紧 固件	186	12.4 成形连接	213
11.3 螺纹连接的预紧和防松	188	12.5 过盈配合连接	213
11.4 单个螺栓连接的强度计算	192	12.6 知识拓展——其他常用连接简介	214
11.5 螺栓组连接的设计	195	思考题与习题	217
11.6 螺栓的材料和许用应力	198	第13章 轴间连接	219
11.7 提高螺栓连接强度的措施	200	13.1 概述	219
11.8 拓展内容——螺旋传动概述	202	13.2 联轴器	219
思考题与习题	204	13.3 离合器	223
第12章 轴毂连接	207	13.4 拓展内容——联轴器、离合器的 选择与维护	225
12.1 键连接	207	思考题与习题	227

第5篇 轴及轴系部件

第14章 轴	229	15.1 滑动轴承概述	249
14.1 轴的分类和设计中的主要问题	229	15.2 非液体润滑滑动轴承的计算	254
14.2 轴的材料	231	15.3 液体动压润滑滑动轴承的简介	255
14.3 轴的结构设计	232	15.4 滚动轴承概述	257
14.4 轴的强度计算	235	15.5 滚动轴承的失效形式和选择计算	261
14.5 轴的刚度计算	239	15.6 滚动轴承的组合设计	267
14.6 轴的临界转速的概念	241	15.7 拓展内容——滑动轴承与滚动轴承的 性能对比	271
14.7 拓展内容——机械速度波动的调节及 回转件的平衡	241	思考题与习题	272
思考题与习题	247	附录	273
第15章 轴承	249		

第6篇 减 速 器

第16章 轮系	276	第17章 减速器	294
16.1 轮系及其分类	276	17.1 减速器的主要类型及特性	294
16.2 定轴轮系的传动比	277	17.2 减速器传动比的分配	297
16.3 周转轮系的组成及传动比	280	17.3 减速器的结构	298
16.4 复合轮系的传动比	284	17.4 减速器的润滑	300
16.5 轮系的应用	286	思考题与习题	302
16.6 拓展内容——其他类型的行星传动 简介	289	参考文献	303
思考题与习题	291		

第1篇

总论

第1章

绪论

知识导读

主要内容

本章主要介绍机器和机构的概念；机器的组成；本课程的研究内容、性质和任务。

重点、难点

难点是对机器与机构、构件与零件的理解。

机械工业是现代科学技术发展的重要基础，一个国家工农业生产的机械化和自动化程度已成为反映这个国家生产力发展的重要标志。改革开放以来，我国社会主义现代化建设在各个方面都取得了飞速的发展，国民经济各生产部门正迫切要求实现机械化和自动化。这就需要大量的机械人才。怎样才能成为社会需要的这种人才呢？那就从本课程的学习开始吧。

1.1 本课程的研究对象

1.1.1 机器与机构

1. 机器

人类经过长期的生产实践逐步创造了各种机器。从家用的电风扇、洗衣机到工业上使用的各种机床；从汽车、火车、轮船、飞机到火箭、宇宙飞船、航天飞机；从挖掘机、起重机到各种机器人等。机器的种类很多，构造、性能和用途各不相同，但概括归纳起来，它们却有以下共同的特征：

- 1) 它们都是杆块的组合体。
- 2) 组合后各杆块之间均有一定的相对运动关系。

3) 在生产过程中, 它们能代替或减轻人们的劳动, 完成有用的机械功或转换机械能。

图 1-1 所示为一电动机, 它是由一个转子(电枢) 1 和一个定子 2 组成的。当有电流输入时, 转子便相对定子转动起来, 将电能转换为机械能。

2. 机构

图 1-2 所示为一单缸四冲程内燃机, 它是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7 和 7'、顶杆 8 和 8'、齿轮 9 和 9'、齿轮 10 等杆块组成的。这些杆块又组成四个相对独立又协同动作的四部分:

①将燃气燃烧推动活塞 2 的往复移动通过连杆 5 转换为曲轴 6 的连续转动; ②凸轮 7 转动通过进气阀门顶杆 8 启闭进气阀门, 以便可燃气体进入气缸; ③凸轮 7' 转动通过排气阀门顶杆 8' 启闭排气阀门, 以便燃烧后的废气排出气缸; ④三个齿轮 9、9' 和 10 分别与凸轮 7、凸轮 7' 和曲轴 6 相连, 使安装它们的轴保持一定的速比, 保证进、排气阀门和活塞之间有一定节奏的动作。

当燃气推动活塞运动时, 各部分协调动作, 进、排气阀门有规律地启闭, 加上汽化、点火等装置的配合, 就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。显然, 这四部分是各自具有运动特点且能实现预期运动的基本组合体, 我们把它们称为机构, 而组成机构的具有确定运动的各杆块称为构件。在图 1-2 所示的内燃机中, 活塞 2、连杆 5、曲轴 6 和气缸体(机架) 1 是一个基本组合体, 可将活塞的往复移动转换为曲轴的连续转动, 称为曲柄滑块机构, 其机构运动简图如图 1-3 所示。凸轮 7、进气阀门顶杆 8 和机架 1 又是一个基本组合体, 可将凸轮的连续转动转换为顶杆的按某一种预期运动规律(如等速运动规律)的往复移动, 称为凸轮机构; 凸轮 7'、排气阀门顶杆 8' 和机架 1 组成

另一凸轮机构, 其机构运动简图如图 1-4 所示。三个齿轮 9、9'、10 和机架 1 组合起来, 可

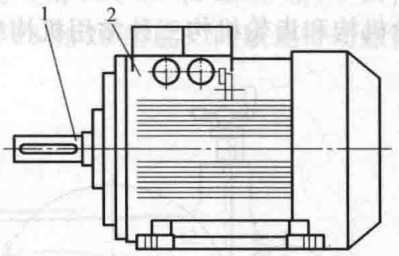


图 1-1 电动机

1—转子(电枢) 2—定子

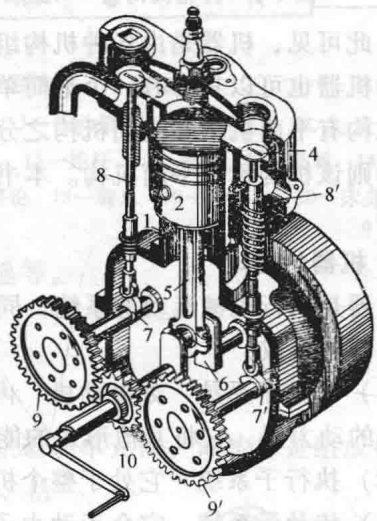


图 1-2 单缸四冲程内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀 5—连杆
6—曲轴 7、7'—凸轮 8、8'—顶杆 9、9'、10—齿轮

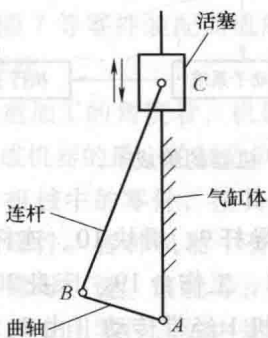


图 1-3 曲柄滑块机构

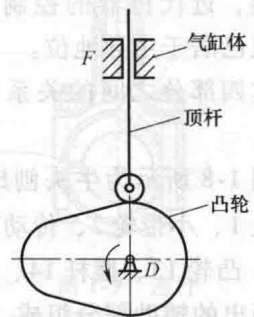


图 1-4 凸轮机构

将转动变快或变慢，甚至改变转向，称为齿轮系，它由两个完全对称的齿轮机构 9、10、1 和 9'、10、1 组成，其中一个的机构运动简图如图 1-5 所示，内燃机即由平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构三种常用机构组成，单缸四冲程内燃机的运动简图如图 1-6 所示。

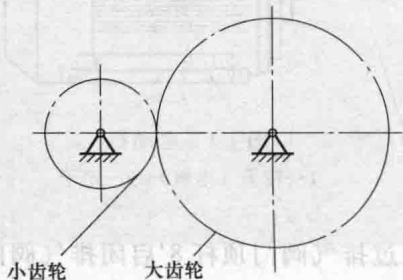


图 1-5 齿轮机构

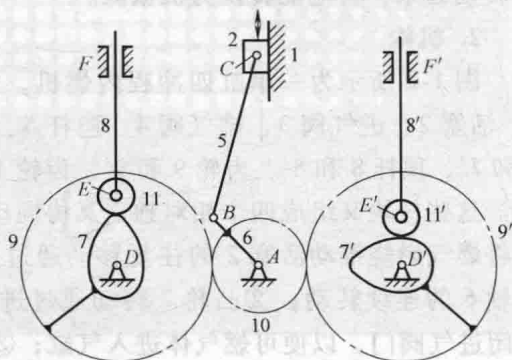


图 1-6 单缸四冲程内燃机的运动简图

由此可见，机器是由各种机构组成的系统。大多数机器包含若干个不同的机构。有一些简单的机器也可以只含有一个最简单的机构——两杆机构，如电动机、鼓风机等。

机构有平面机构和空间机构之分。若组成机构的所有构件在同一平面或相互平行的平面内运动则该机构称为平面机构。本书重点介绍平面机构的组成、工作原理、结构特点及运动分析等。

3. 机器的组成

机器是执行机械运动的系统，同时能够完成有用的机械功或转换机械能。一般说来，机器由四部分组成：

(1) 动力子系统 如电动机、内燃机、蒸汽机、马达、气缸和液压缸等，动力子系统是机器的动力源，它将其他形式的能量转换为机械能。

(2) 执行子系统 它处于整个机器系统的终端，用来完成有用的机械功。

(3) 传动子系统 它介于动力子系统和执行子系统之间，把动力子系统的运动和动力传递给执行子系统。

(4) 控制子系统 它用来控制、协调动力子系统、传动子系统和执行子系统的工作，以使整个机器系统能够准确、可靠地实现预期的功能。由于信息技术的飞速发展，近代机器的控制子系统中，计算机已居于主导地位。

这四部分之间的关系可用图 1-7 表示。



图 1-7 机器的组成

图 1-8 所示为牛头刨床，它是由电动机 1、小带轮 2、传动带 3、大带轮 4、齿轮 5、6、7、8、导杆 9、滑块 10、连杆 11、刨头 12、凸轮 13、摆杆 14、连杆 15、摇杆 16、棘轮 17、棘爪 18、工作台 19、床身 20 以及图中未画出的辅助部分组成。它所采用的原动机为电动机，电动机 1 经带传动（由 2、3、4 和 20 组成）并通过齿轮系（由两个齿轮机构 5、6、20 和 7、8、20 组成）、摆动导杆机构（由

8、9、10 和 20 组成) 和摇杆滑块机构 (由 9、11、12 和 20 组成) 驱动刨头带着刨刀往复移动, 从而产生切削动作。与此同时, 动力还通过凸轮机构 (由 13、14 和 20 组成)、四杆机构 (由 14、15、16 和 20 组成) 和棘轮机构 (由 16、17、18 和 20 组成) 间歇地带动螺杆 (在棘轮后面) 转动, 使工作台 19 横向进给。刨刀每往复移动一次, 工作台横向移动一个进刀距离, 直到刨削完整个工件表面。

通过以上分析可以看出, 机构具有机器的前两个特征。它仅仅起着运动及动力传递和运动形式的转换作用; 而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。若撇开机器在做功或转换能量方面所起的作用, 仅从结构和运动的观点来看, 两者之间并无区别。因此, 习惯上人们常用“机械”一词作为机器和机构的总称。

随着近代科学技术的不断发展, 机器和机构的功能也在相应地变化, 除具有前述的功能外, 还能进行信息的采集、处理和传递等。

1.1.2 构件、零件与部件

1. 构件

从机构运动的角度看, 构件是机构中不可分割的独立运动单元体, 即构件是组成机构的最小的运动单元。如图 1-3 所示曲柄滑块机构中的曲轴、活塞、连杆和气缸体, 均是组成该机构的构件, 每个构件在机构中都有其确定的运动。

构件可以是单独的零件, 如内燃机中的曲轴、活塞等; 也可以是由几个零件刚性地连接组成一个构件, 如内燃机中的连杆, 是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3 和 4、螺栓 5、螺母 6、垫圈 7 等零件装配而成的, 如图 1-9 所示。

2. 零件

从制造加工的角度看, 机器是由若干零件组成的, 因而, 零件是组成机器的最小的制造单元, 是组成机器的基本要素。

对于机械中的零件, 按其功能和结构特点可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, 如螺栓、螺母、键、齿轮等; 而仅在某些特定机器中才使用的零件称为专用零件, 如内燃机中的曲轴、活塞, 汽轮机中的叶片, 飞机的螺旋桨等。

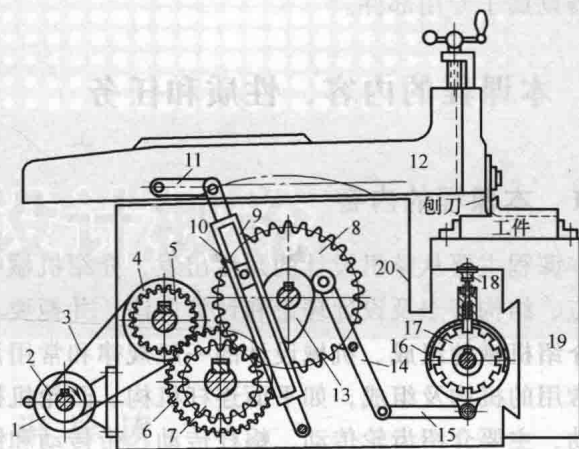


图 1-8 牛头刨床

- 1—电动机 2—小带轮 3—传动带 4—大带轮 5、6、7、8—齿轮
9—导杆 10—滑块 11、15—连杆 12—刨头 13—凸轮 14—摆杆
16—摇杆 17—棘轮 18—棘爪 19—工作台 20—床身

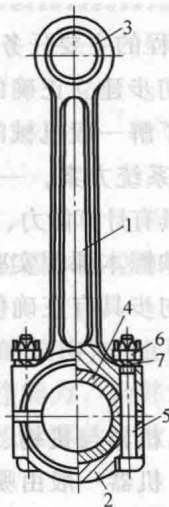


图 1-9 连杆

- 1—连杆体 2—连杆盖 3、4—轴瓦
5—螺栓 6—螺母 7—垫圈

3. 部件

对于一组协同工作的零件组成的独立制造或装配的组合物称为部件，部件是机器的装配单元。部件也分通用部件和专用部件，如滚动轴承、减速器、联轴器等属于通用部件，汽车转向器则属于专用部件。

1.2 本课程的内容、性质和任务

1.2.1 本课程的内容

本课程主要从整机设计的角度出发，介绍机械中常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点及设计理论和计算方法，并扼要介绍国家标准和有关规范。第1篇总论，主要介绍机械的组成、机械设计的一般规律和常用设计方法；第2篇常用机构，主要介绍机械中常用的机构及组成，如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及其他常用机构；第3篇机械传动，主要介绍齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等；第4篇连接，主要介绍常用的连接，如螺纹连接、轴毂连接、轴间连接等；第5篇轴及轴系部件，主要介绍轴、轴承；第6篇减速器，主要介绍轮系及减速器的基本知识。

1.2.2 本课程的性质

本课程是高等工科院校各相关专业的一门重要的技术基础课，在整个教学计划中起承上启下的作用。它综合应用高等数学、机械制图、工程力学、互换性与测量技术基础、机械工程材料与热处理、机械制造基础等先修课程的知识 and 生产实践经验，解决常用机构和通用零部件的设计问题。学生通过本课程的学习和随后课程设计实践，逐步掌握一般机械传动装置或一些简单机械的设计，为进一步学习专业课和今后从事机械设计工作打下坚实的基础。

1.2.3 本课程的任务

本课程的主要任务是培养学生以下几方面的能力：

- 1) 初步建立正确的机械设计思想。
- 2) 了解一般机械的设计规律，掌握常用机构和通用机械零部件的设计方法，初步具备设计机械系统方案，一般简单机械和常用机械传动装置的能力。
- 3) 具有计算能力、绘图能力和应用标准、规范、手册、图册以及查阅有关技术资料的能力。
- 4) 掌握本课程实验的基本知识，获得实验技能的基本训练。
- 5) 初步具有正确使用、维护一般机械和分析、处理常见机械故障的能力。

思考题与习题

- 1-1 机器与机构、构件与零件有何区别与联系？
- 1-2 机器一般由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
- 1-3 试举出2个机器实例，分析其包含哪些机构？它们的作用是什么？
- 1-4 对题1-3中的2个机器实例，再分析其组成。
- 1-5 机械设计基础课程的任务是什么？

第 2 章

机械设计概论

知识导读

主要内容

本章为机械设计的基础知识，主要介绍机械设计应满足的基本要求及设计的一般程序；机械零件的强度及表面强度；机械零件的常用材料；机械零件的结构工艺性及标准化；机械设计中的常用设计方法等内容。

重点、难点

重点：机械零件的强度及表面强度。

难点：变应力下的许用应力。

2.1 概述

2.1.1 机械设计应满足的基本要求

设计是为了满足某一特定要求而进行的创造性的劳动。掌握设计的基本理论和方法是所有受工程教育的学生都应具备的能力。

机械设计是应用新的原理、新的概念去开发创造新的机器（或新的机构），也可以是在已有机器的基础上，重新设计或做局部的改革。因此，提高机器的工作能力，合并或简化机器结构，增多或减少机器功能，提高机器效率，降低机器能耗，变更机器零件，改用新材料等，都属于机械设计的范畴。

机械设计应满足的要求是：在满足预期功能的前提下，性能好、效率高、成本低，在预定使用期限内安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。

机器中的每一个零件，都由机器整体规定了它具有的预定功能。设计机械零件时也应考

虑上述要求,在预定的寿命期限内安全可靠,并具有良好的结构工艺性及经济适用性等。

失效:在预定寿命期限内,机械零件由于某种原因丧失了预定功能的现象。

工作能力:在不发生失效的条件下,机械零件所能安全工作的限度。

承载能力:对载荷而言的工作能力。

机械零件常见的失效形式有:零件的断裂;工作表面的点蚀和过大的磨损;过大的弹性变形;连接的松弛;带传动的打滑等。

工作能力计算准则:为防止零件失效而制订的判定条件,通常称为工作能力计算准则。判定条件为:计算量 \leq 许用量。

2.1.2 机械设计的一般程序

新产品设计是一项复杂细致的工作,要提供性能好、质量高、成本低、有市场竞争力、受客户欢迎的新产品,必须有一套科学的工作程序和方法。

新产品从提出任务到投放市场的全部程序要经过四个阶段:调查决策阶段、研究设计阶段、试制阶段和投产销售阶段。

机械零件设计的一般步骤:

- 1) 根据机器工作情况,拟定零件计算简图,确定作用在零件上的载荷。
- 2) 根据零件的工作条件和经济性,选择适当的材料。
- 3) 根据零件可能的失效形式,选用相应的判定条件,确定零件的主要尺寸,并加以圆整或标准化。
- 4) 根据设计的尺寸,结合结构和工艺上的要求,绘制零件工作图。

2.2 机械零件的强度

2.2.1 载荷和应力的分类

1. 载荷的分类

载荷可分为静载荷和变载荷。

静载荷:不随时间变化或变化缓慢的载荷,如锅炉压力等。

变载荷:随时间做周期性变化或非周期性变化的载荷,前者如内燃机阀门弹簧所受的载荷,后者如汽车的齿轮和轴等所受的载荷(因负载和道路不同,载荷是随机性的)。对非周期性变化的载荷可用统计规律来表征。

在设计计算中,常把载荷分为名义载荷和计算载荷。

名义载荷:在理想的平稳工作条件下作用在零件上的载荷。

计算载荷:载荷系数与名义载荷的乘积为计算载荷。即

$$F_c = KF$$

式中, F_c 为计算载荷; F 为名义载荷; K 为载荷系数,机器工作时由于受到制造安装精度、振动等影响,往往产生附加载荷,引入载荷系数以弥补这类因素的影响。

2. 应力的分类

按应力随时间变化的特性不同,可分为静应力和变应力。

静应力：不随时间变化或变化缓慢的应力。如锅炉的内压力所引起的应力，拧紧螺母所引起的应力等。

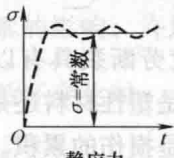
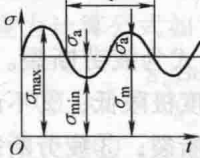
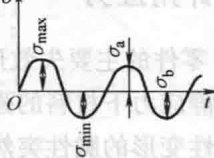
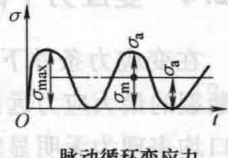
变应力：随时间变化的应力。其中具有周期性的变应力称为循环变应力。循环变应力具有三种基本类型：非对称循环变应力、对称循环变应力和脉动循环变应力。其应力特征为

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{平均应力: } \sigma_m = \frac{(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})}{2} \\ \text{应力幅: } \sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2} \\ \text{循环特性: } r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \end{array} \right. \quad (2-1)$$

式中， σ_{\max} 为最大应力（MPa）； σ_{\min} 为最小应力（MPa）。

应力的分类及其特征见表 2-1。

表 2-1 应力的分类及其特征

应力分类				
应力特征	静应力	非对称循环变应力	对称循环变应力	脉动循环变应力
平均应力 σ_m	$\sigma_m = \sigma_{\max} = \sigma_{\min}$	$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$	$\sigma_m = 0$	$\sigma_m = \sigma_{\max}/2$
应力幅 σ_a	$\sigma_a = 0$	$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$	$\sigma_a = \sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$	$\sigma_a = \sigma_m = \sigma_{\max}/2$
循环特性 r	$r = +1$	$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$	$r = -1$	$r = 0$

2.2.2 机械零件强度计算的条件

强度是机械零件工作能力的最基本的计算准则，设计零件时，首先必须满足强度要求。判定零件强度的方法有两种。

1) 判定危险截面处的最大应力是否小于或等于许用应力。强度计算条件为

$$\sigma \leq [\sigma], [\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S} \quad (2-2a)$$

$$\tau \leq [\tau], [\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{S} \quad (2-2b)$$

式中， σ_{\lim} 、 τ_{\lim} 分别为极限正应力和切应力； S 为安全系数。

2) 判断危险截面处的实际安全系数是否大于或等于许用安全系数。强度计算条件为

$$S = \frac{\sigma_{\lim}}{\sigma} \geq [S] \quad (2-3a)$$

$$S = \frac{\tau_{\lim}}{\tau} \geq [S] \quad (2-3b)$$

采用何种方法计算，可由能利用的数据和计算惯例来决定。为了简便，在以下的论述中只提正应力 σ ，若研究切应力 τ 时，将 σ 更换为 τ 即可。