



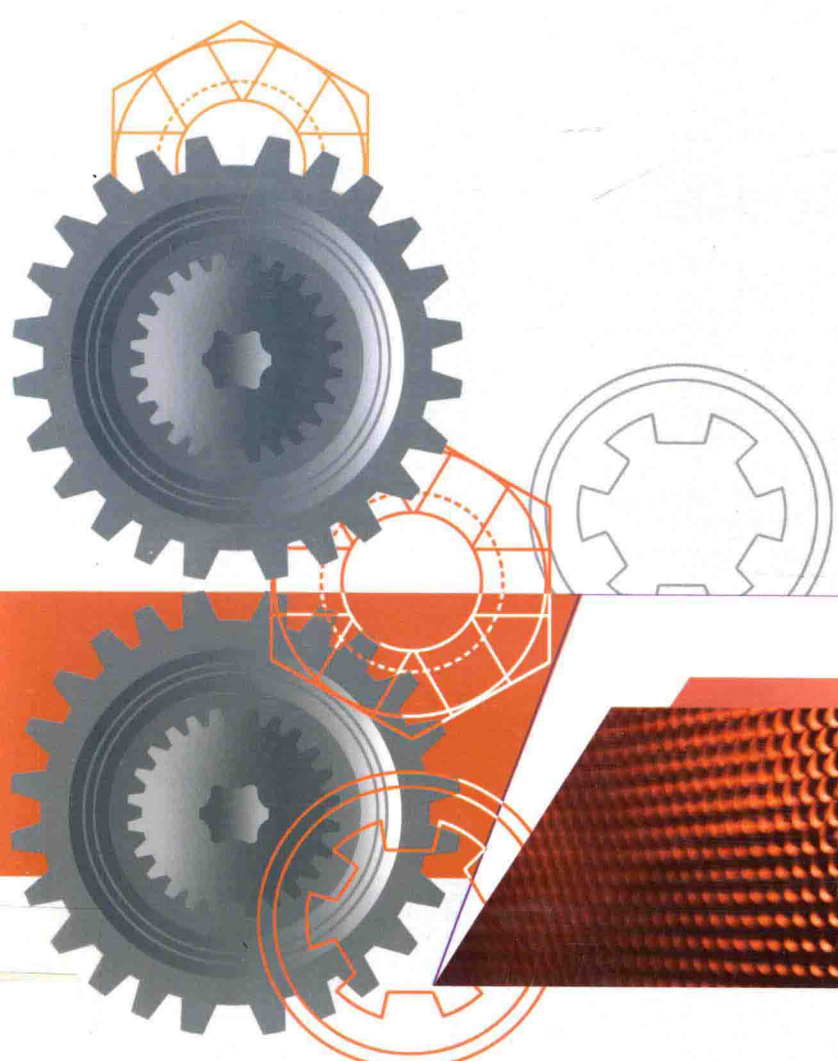
普通高等教育“十三五”规划教材
PUTONG GAODENGJIAOYU SHISANWU GUIHUAJIAOCAI

机械设计基础

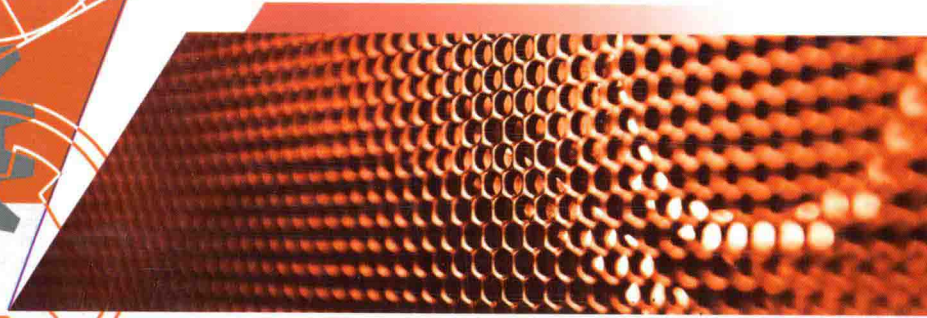
◎主 编：王先安 康辉民 杨文敏

◎副主编：戴 娟 吴 茵 易定秋

JIXIE SHEJI JICHU



中南大学出版社
www.csupress.com.cn





普通高等教育“十三五”规划教材
PUTONG GAODENGJIAOYU SHISANWU GUIHUAJIAOCAI

机械设计基础

◎主 编：王先安 康辉民 杨文敏

◎副主编：戴 娟 吴 茵 易定秋

JIXIE SHEJI JICHU

常州大学图书馆
藏书章



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王先安,康辉民,杨文敏主编.

—长沙:中南大学出版社,2016.12

ISBN 978-7-5487-2700-2

I.机... II.①王...②康...③杨... III.机械设计-高等学校-教材 IV.TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第325133号

机械设计基础

主 编 王先安 康辉民 杨文敏

副主编 戴 娟 吴 茵 易定秋

责任编辑 谭 平

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482

印 装 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 468千字

版 次 2017年1月第1版 印次 2017年1月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-2700-2

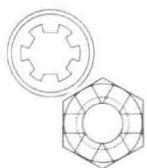
定 价 43.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容摘要

本教材内容分为五大部分：第一部分：共性基础知识，包括第1章、第2章、第14章，主要讲述机械设计的一般原则、平面机构结构分析的方法、机械的调速及机械平衡；第二部分：常用机构，包括第3章、第4章、第5章，主要从传递运动的角度讲述一些常用机构（如连杆机构、凸轮机构及其他常用机构）的工作原理、应用和运动设计方法；第三部分：机械传动，包括第6章、第7章、第8章，主要从传递动力的角度讲述一些常见的机械传动（如带传动、链传动、齿轮传动和轮系及蜗杆传动等）的工作原理、受力分析和设计计算方法；第四部分：轴系零部件，包括第9章、第10章，主要讲述轴系零部件（包括滑动轴承、滚动轴承、轴）的工作原理、强度计算、结构设计方法；第五部分：机械连接，包括第11章、第12章、第13章，主要介绍常用机械连接（包括螺纹、键和销连接）和弹性连接（弹簧）及轴连接（联轴器、离合器）的工作原理、标准和计算方法。

本教材可作为高等学校近机类及非机类专业机械设计基础课程的教学用书，参考学时数为60~80学时，也可作为其他类型高校、高职高专院校相关专业的教学用书，亦可供有关工程技术人员参考。



普通高等教育机械工程学科“十二五”规划教材编委会

主 任

(以姓氏笔画为序)

王艾伦 刘舜尧 李孟仁 尚建忠 唐进元

委 员

(以姓氏笔画为序)

丁敬平 王先安 王剑彬 王菊槐 王湘江 尹喜云
龙春光 叶久新 母福生 朱石沙 伍利群 刘吉兆
刘先兰 刘忠伟 刘金华 安伟科 杨舜洲 李必文
李 岚 李 岳 李新华 何国旗 何哲明 何竞飞
汪大鹏 张敬坚 陈召国 陈志刚 林国湘 罗烈雷
周里群 周知进 赵又红 胡成武 胡仲勋 胡争光
胡忠举 胡泽豪 钟丽萍 贺尚红 聂松辉 莫亚武
夏宏玉 夏卿坤 夏毅敏 高为国 高英武 郭克希
龚曙光 彭如恕 彭佑多 蒋寿生 曾周亮 谭援强
谭晶莹 潘存云

总序 FOREWORD.

机械工程学科作为联结自然科学与工程行为的桥梁，它是支撑物质社会的重要基础，在国家经济发展与科学技术发展布局中占有重要的地位，21 世纪的机械工程学科面临诸多重大挑战，其突破将催生社会重大经济变革。当前机械工程学科进入了一个全新的发展阶段，总的发展趋势是：以提升人类生活品质为目标，发展新概念产品、高效高性能制造技术、功能极端化装备设计制造理论与技术、制造过程智能化和精准化理论与技术、人造系统与自然界和谐发展的可持续制造技术等。这对担负机械工程人才培养任务的高等学校提出了新挑战：高校必须突破传统思维束缚，培养能适应国家高速发展需求的具有机械学科新知识结构和创新能力的高素质人才。

为了顺应机械工程学科高等教育发展的新形势，湖南省机械工程学会、湖南省机械原理教学研究会、湖南省机械设计教学研究会、湖南省工程图学教学研究会、湖南省金工教学研究会与中南大学出版社一起积极组织了高等学校机械类专业系列教材的建设规划工作。成立了规划教材编委会。编委会由各高等学校机电学院院长及具有较高理论水平和教学经验的教授、学者和专家组成。编委会组织国内近 20 所高等学校长期在教学、教改第一线工作的骨干教师召开了多次教材建设研讨会和提纲讨论会，充分交流教学成果、教改经验、教材建设经验，把教学研究成果与教材建设结合起来，并对教材编写的指导思想、特色、内容等进行了充分的论证，统一认识，明确思路。在此基础上，经编委会推荐和遴选，近百名具有丰富教学实践经验的教师参加了这套教材的编写工作。历经两年多的努力，这套教材终于与读者见面了，它凝结了全体编写者与组织者的心血，是他们集体智慧的结晶，也是他们教学教改成果的总结，体现了编写者对教育部“质量工程”精神的深刻领悟和对本学科教育规律的把握。

这套教材包括了高等学校机械类专业的基础课和部分专业基础课教材。整体看来，这套教材具有以下特色：

(1)根据教育部高等学校教学指导委员会相关课程的教学基本要求编写。遵循“重基础、宽口径、强能力、强应用”的原则，注重科学性、系统性、实践性。

(2)注重创新。本套教材不但反映了机械学科新知识、新技术、新方法的发展趋势和研究成果，还反映了其他相关学科在与机械学科的融合与渗透中产生的新前沿，体现了学科交叉对本学科的促进；教材与工程实践联系密切，应用实例丰富，体现了机械学科应用领域在不断扩大。

(3)注重质量。本套教材编写组对教材内容进行了严格的审定与把关，教材力求概念准确、叙述精练、案例典型、深入浅出、用词规范，采用最新国家标准及技术规范，确保了教材的高质量与权威性。

(4)教材体系立体化。为了方便教师教学与学生学习，本套教材还提供了电子课件、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材要出精品，而精品不是一蹴而就的，我将这套书推荐给大家，请广大读者对它提出意见与建议，以利进一步提高。也希望教材编委会及出版社能做到与时俱进，根据高等教育改革发展形势、机械工程学科发展趋势和使用中的新体验，不断对教材进行修改、创新、完善，精益求精，使之更好地适应高等教育人才培养的需要。

衷心祝愿这套教材能在我国机械工程学科高等教育中充分发挥它的作用，也期待着这套教材能哺育新一代学子茁壮成长。

中国工程院院士 钟 掘

前言 PREFACE.

《机械设计基础》是根据高等教育机械类专业人才培养目标及教育部对普通高等学校机械设计基础课程教学基本要求,结合最新颁布的有关国家标准及编者多年的教学实践经验而组织编写的。

本教材内容分为五大部分:第一部分:共性基础知识,包括第1章、第2章、第14章,主要讲述机械设计的一般原则、平面机构结构分析的方法、机械的调速及机械平衡;第二部分:常用机构,包括第3章、第4章、第5章,主要从传递运动的角度讲述一些常用机构(如连杆机构、凸轮机构及其他常用机构)的工作原理、应用和运动设计方法;第三部分:机械传动,包括第6章、第7章、第8章,主要从传递动力的角度讲述一些常见的机械传动(如带传动、链传动、齿轮传动和轮系及蜗杆传动等)的工作原理、受力分析和设计计算方法;第四部分:轴系零部件,包括第9章、第10章,主要讲述轴系零部件(包括滑动轴承、滚动轴承、轴)的工作原理、强度计算、结构设计方法;第五部分:机械连接,包括第11章、第12章、第13章,主要介绍常用机械连接(包括螺纹、键和销连接)和弹性连接(弹簧)及轴连接(联轴器、离合器)的工作原理、标准规范和计算方法。

在本教材编写过程中,重点注意了以下几个方面。

1. 教材体系结构力求符合高等院校机械类及近机类相关专业的教学特点和学生的认知规律。以必需够用为度,编写过程中力求条理清晰、层次分明、循序渐进、言简意明。

2. 贯彻以培养工程应用能力为目标,以设计为主线的思想。内容取舍上,着重讲清有关机械设计基础的基本概念、基本理论和基本方法。合理安排顺序,突出工程应用,重视设计过程。

3. 各章前面有内容简介及学习要求,包括本章需了解、掌握及熟悉的基础知识,便于学生掌握和巩固教学内容。

4. 为更好地联系工程实际,设计性章节内含有工程计算应用实例,例题的编写力求条理

性、设计过程完整性；力求做到概念准确、叙述精炼、案例典型、术语规范。

5. 符合《高等学校机械工程类规划教材编写基本要求》，采用最新国家标准。部分打“*”号的内容是为了拓宽和延伸与该课程密切相关的知识面。

本教材可作为高等学校近机类及非机类专业机械设计基础课程的教学用书，参考学时数为60~80学时，也可作为其他类型高校、高职高专院校相关专业的教学用书，亦可供有关工程技术人员参考。

本教材由王先安、杨文敏、康辉民任主编，具体参加编写工作的有：湖南工程学院王先安(第7章、第11章、第14章)，湖南农业大学杨文敏(第8章、第9章)，湖南科技大学康辉民(第6章、第13章)，长沙学院戴娟(第3章、第4章、第5章)，邵阳学院易定秋(第10章、第12章)，湖南理工学院丁超义(第1章、第2章)，长沙理工大学吴茵负责了全书的文字修改及校对工作。

由于编者水平有限，所编本教材中难免有不妥之处，敬请读者予以批评指正。

编者

2017年1月

CONTENTS. 目录

第 1 章 机械设计概论	(1)
1.1 课程概论	(1)
1.1.1 本课程的研究对象与内容	(1)
1.1.2 本课程的性质和学习本课程的目的	(3)
1.2 机械设计的基本要求与一般设计程序	(4)
1.2.1 机械设计的基本要求	(4)
1.2.2 机械设计一般设计程序	(4)
1.3 机械零件的主要失效形式与零件的强度	(5)
1.3.1 机械零件的主要失效形式	(5)
1.3.2 零件的强度	(5)
1.4 机械零件的设计准则和一般设计步骤	(7)
1.4.1 机械零件的设计准则	(7)
1.4.2 机械零件的一般设计步骤	(8)
1.5 机械零件的常用材料及其热处理	(8)
1.5.1 机械零件的常用材料	(8)
1.5.2 金属材料的热处理	(9)
1.5.3 材料选择原则	(10)
1.6 摩擦和磨损基础	(11)
1.6.1 摩擦	(11)
1.6.2 磨损	(12)
思考题及习题	(13)
第 2 章 平面机构的结构分析	(14)
2.1 机构的组成	(14)
2.1.1 构件的自由度与约束	(14)
2.1.2 运动副和运动链	(14)
2.1.3 运动链	(18)
2.2 平面机构运动简图	(18)
2.2.1 平面机构运动简图及其作用	(18)
2.2.2 平面机构运动简图的绘制	(18)

2.3 平面机构的自由度	(20)
2.3.1 机构具有确定运动的条件	(20)
2.3.2 平面机构自由度的计算	(20)
2.3.3 计算平面机构自由度应注意的事项	(20)
思考题及习题	(23)
第3章 平面连杆机构	(25)
3.1 连杆机构类型及传动特点	(25)
3.2 平面四杆机构的类型及演化	(26)
3.2.1 铰链四杆机构的类型	(26)
3.2.2 平面四杆机构的演化型式	(29)
3.3 平面四杆机构的基本特性	(34)
3.3.1 平面四杆机构有曲柄的条件	(34)
3.3.2 平面四杆机构的急回特性和行程速比系数	(36)
3.3.3 平面四杆机构的传动角与压力角	(36)
3.3.4 死点位置	(37)
3.4 平面连杆机构的运动设计	(38)
3.4.1 连杆机构设计的基本问题	(38)
3.4.2 四杆机构的设计方法	(39)
思考题及习题	(44)
第4章 凸轮机构	(46)
4.1 凸轮机构的类型和应用	(46)
4.1.1 凸轮机构的特点和应用	(46)
4.1.2 凸轮机构的类型	(47)
4.2 从动件常用运动规律	(49)
4.2.1 基本名词术语	(49)
4.2.2 从动件常用运动规律及选择	(50)
4.2.3 常用运动规律的选择与比较	(54)
4.3 盘形凸轮轮廓设计	(54)
4.3.1 凸轮廓线设计方法的基本原理——反转法	(54)
4.3.2 用图解法设计凸轮廓线	(55)
4.4 凸轮机构基本尺寸的确定	(58)
4.4.1 凸轮机构中作用力与凸轮机构的压力角	(58)
4.4.2 凸轮基圆半径的确定	(59)
4.4.3 滚子半径的选择	(59)
思考题及习题	(60)

第 5 章 间歇运动机构	(62)
5.1 棘轮机构	(62)
5.1.1 棘轮机构的工作原理及特点	(62)
5.1.2 棘轮机构的类型及其应用	(63)
5.2 槽轮机构	(65)
5.2.1 槽轮机构的工作原理及特点	(65)
5.2.2 槽轮机构的类型及其应用	(66)
5.3 凸轮式间歇运动机构及不完全齿轮机构简介	(67)
5.3.1 凸轮式间歇运动机构	(67)
5.3.2 不完全齿轮机构	(68)
思考题及习题	(69)
第 6 章 带传动和链传动	(70)
6.1 带传动的类型和特点	(70)
6.1.1 带传动的类型	(70)
6.1.2 带传动的特点	(71)
6.2 带传动的受力分析和应力分析	(72)
6.2.1 带传动的受力分析	(72)
6.2.2 带传动的应力分析	(73)
6.3 带传动的弹性滑动与失效形式	(75)
6.4 V 带规格、带轮结构和带传动张紧装置	(76)
6.4.1 V 带规格	(76)
6.4.2 带轮结构	(78)
6.4.3 带传动的张紧及维护	(79)
6.5 V 带传动设计计算	(80)
6.5.1 设计准则和单根普通 V 带的许用功率	(80)
6.5.2 V 带传动设计计算步骤及实例	(84)
* 6.6 同步带传动简介	(90)
6.7 链传动	(90)
6.7.1 链传动的特点和应用	(90)
6.7.2 滚子链和链轮	(91)
6.7.3 链传动的运动和受力分析	(95)
6.7.4 链传动的设计计算及实例	(97)
6.7.5 链传动的布置、张紧和润滑	(102)
思考题及习题	(104)
第 7 章 齿轮传动	(106)
7.1 齿轮传动的类型和特点	(106)

7.1.1	齿轮传动类型	(106)
7.1.2	齿轮传动的特点	(107)
7.2	齿廓啮合基本定律与渐开线齿廓	(108)
7.2.1	齿廓啮合基本定律	(108)
7.2.2	渐开线齿廓	(108)
7.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	(110)
7.3.1	齿轮各部分的名称和符号	(110)
7.3.2	渐开线齿轮的基本参数	(112)
7.3.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	(112)
7.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(114)
7.4.1	渐开线标准直齿圆柱齿轮正确啮合条件	(114)
7.4.2	渐开线标准直齿圆柱齿轮的标准传动及标准中心距	(114)
7.4.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的连续传动及连续传动条件	(115)
7.5	渐开线齿形的加工和齿轮传动精度	(116)
7.5.1	渐开线齿形的切制原理	(116)
7.5.2	渐开线圆柱齿轮传动的精度	(119)
*7.6	变位齿轮传动	(120)
7.6.1	渐开线齿廓的根切现象与标准外齿轮的最少齿数	(120)
7.6.2	变位齿轮传动及其类型和特点	(120)
7.7	斜齿圆柱齿轮传动	(121)
7.7.1	齿廓曲面的形成	(121)
7.7.2	斜齿圆柱齿轮传动的基本参数和啮合传动	(122)
7.7.3	斜齿圆柱齿轮传动几何尺寸计算	(123)
7.7.4	斜齿圆柱齿轮的当量齿数和不根切的最少齿数	(124)
7.7.5	斜齿圆柱齿轮的主要优缺点	(125)
7.8	直齿圆锥齿轮传动	(125)
7.8.1	圆锥齿轮传动概述	(125)
7.8.2	直齿圆锥齿轮的背锥及当量齿数	(125)
7.8.3	直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸计算	(127)
7.9	齿轮传动设计	(128)
7.9.1	轮齿的失效形式及齿轮传动设计准则	(128)
7.9.2	齿轮的材料及热处理	(130)
7.9.3	直齿圆柱齿轮传动设计	(132)
7.9.4	斜齿圆柱齿轮传动设计	(138)
7.9.5	直齿圆锥齿轮传动设计	(140)
7.10	齿轮结构与齿轮传动的润滑和效率	(141)
7.10.1	齿轮的结构	(141)
7.10.2	齿轮传动的润滑	(143)
7.10.3	齿轮传动的效率	(144)

7.11 蜗杆传动	(145)
7.11.1 蜗杆传动特点和类型	(145)
7.11.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(147)
7.11.3 蜗杆传动的承载能力计算	(150)
7.11.4 蜗杆和蜗轮的结构及精度等级	(154)
7.11.5 蜗杆传动的效率、润滑与热平衡计算	(155)
7.12 齿轮传动的设计计算实例	(158)
7.12.1 设计计算步骤	(158)
7.12.2 设计计算实例	(158)
思考题及习题	(164)
第8章 轮系	(169)
8.1 轮系及其类型	(169)
8.2 定轴轮系传动比的计算	(170)
8.3 周转轮系传动比的计算	(172)
8.4 复合轮系及其传动比	(175)
8.5 轮系的应用	(176)
8.6 减速器	(178)
8.6.1 减速器的主要类型	(179)
8.6.2 通用标准减速器	(179)
思考题及习题	(181)
第9章 轴承	(185)
9.1 轴承的作用和类型	(185)
9.2 滑动轴承	(185)
9.2.1 滑动轴承的结构型式和特点	(185)
9.2.2 滑动轴承的材料和润滑	(188)
9.2.3 非全液体润滑滑动轴承的计算	(193)
9.2.4 全液体润滑滑动轴承简介	(195)
9.3 滚动轴承	(197)
9.3.1 滚动轴承的结构、类型和特点	(197)
9.3.2 滚动轴承的代号及类型选择	(200)
9.3.3 滚动轴承的寿命计算及实例	(203)
9.3.4 滚动轴承的组合设计	(209)
思考题及习题	(213)
第10章 轴	(215)
10.1 轴的功用、分类及设计主要内容	(215)
10.1.1 轴的功用及分类	(215)

10.1.2	轴设计主要内容	(216)
10.2	轴的结构设计	(216)
10.2.1	拟定轴上零件的装配方案	(216)
10.2.2	轴上零件的定位和固定	(216)
10.2.3	各轴段直径和长度的确定	(218)
10.2.4	提高轴强度的常用措施	(218)
10.3	轴的材料与工作能力计算	(219)
10.3.1	轴的材料	(219)
10.3.2	轴的强度计算及实例	(220)
10.3.3	轴的刚度计算	(225)
	思考题及习题	(226)
第 11 章	键连接与销连接	(227)
11.1	键连接	(227)
11.1.1	键连接的功用、分类、结构型式及应用	(227)
11.1.2	键连接的选择和平键连接的强度校核	(229)
11.2	花键连接	(231)
11.2.1	花键连接的类型、特点和应用	(231)
11.2.2	花键连接强度计算	(232)
11.3	销连接	(232)
	思考题及习题	(233)
第 12 章	其他连接零部件	(234)
12.1	联轴器	(234)
12.2	离合器	(239)
12.3	制动器	(242)
12.4	弹簧	(243)
	思考题及习题	(246)
第 13 章	螺纹连接与螺旋传动	(247)
13.1	螺纹的类型与参数	(247)
13.1.1	螺纹的类型	(247)
13.1.2	螺纹的主要参数	(249)
13.2	螺旋副的受力分析、效率和自锁	(250)
13.2.1	矩形螺纹的受力分析	(250)
13.2.2	非矩形螺纹的受力分析	(250)
13.2.3	螺旋副的自锁条件	(252)
13.2.4	螺旋副的效率	(252)
13.3	螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件	(253)

13.3.1	螺纹连接的基本类型	(253)
13.3.2	标准螺纹连接件	(254)
13.4	螺纹连接的预紧和防松	(257)
13.4.1	螺纹连接的预紧	(257)
13.4.2	螺纹连接的防松	(258)
13.5	螺栓组连接的结构设计	(260)
13.6	螺栓连接的强度计算及实例	(262)
13.6.1	松螺栓连接	(262)
13.6.2	紧螺栓连接	(263)
*13.7	螺旋传动	(266)
13.7.1	螺旋传动的类型、特点及应用	(266)
13.7.2	滑动螺旋副的结构和材料	(267)
	思考题及习题	(268)
第 14 章	机械的调速与平衡	(269)
14.1	机械运转速度波动的调节	(269)
14.1.1	机械运转速度波动调节的目的与方法	(269)
14.1.2	机械运转的平均角速度和不均匀系数	(271)
14.1.3	飞轮设计的基本原理	(271)
14.1.4	飞轮主要尺寸确定	(272)
14.2	机械的平衡	(273)
14.2.1	机械平衡的目的与内容	(273)
14.2.2	刚性回转构件的平衡计算	(274)
14.2.3	刚性回转构件的平衡实验	(276)
	思考题及习题	(276)
	参考文献	(278)

第1章 机械设计概论

【概述】 本章主要介绍机械设计基础课程概论；机械设计的基本要求与一般设计程序；零件主要失效形式与强度；机械设计准则和一般设计步骤；机械设计常用材料及其热处理；机械中的摩擦、磨损。要求：了解一些基本概念及术语；了解本课程研究对象和内容；了解机械设计的基本要求 and 设计程序；掌握零件主要失效形式、强度、设计准则和步骤；熟悉零件常用材料以及热处理；了解摩擦和磨损基础知识。

1.1 课程概论

1.1.1 本课程的研究对象与内容

机械设计基础是一门以机器和机构为研究对象的学科。

1. 机器

人类通过长期生产实践创造了机器，并使其不断发展形成当今多种多样的类型。在现代生产和人们日常生活中，机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志。

在日常生活和生产中，我们都接触过许多机器，例如缝纫机、洗衣机、复印机、各种机床、汽车、拖拉机、起重机等。各种不同的机器，具有不同的形式、构造和用途，它们又具有什么相同的特点呢？

图 1.1 所示为单缸四冲程内燃机，它是由汽缸体 11、活塞 10、进气阀 17、排气阀 12、连杆 3、曲轴 4、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 1 和 18 等组成。燃气推动活塞做往复移动，经连杆转变成曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了确保曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次，曲轴和凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮。进而，当燃气推动活塞运动时，各构件协调的动作，进、排气阀有规律地启闭，加上汽化点火等装置的配合，就把热能转化为曲轴回转的机械能。

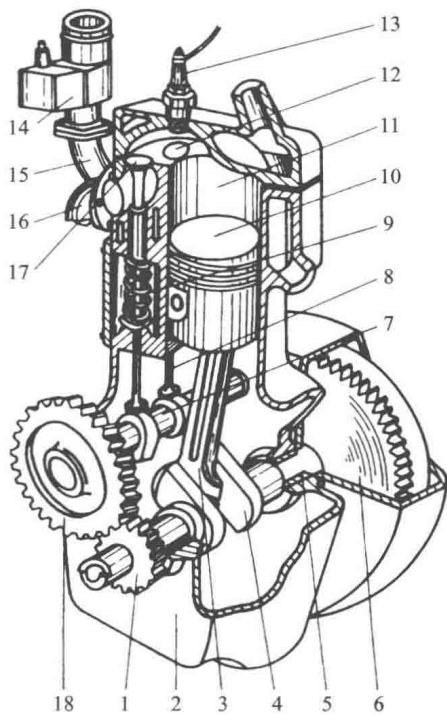


图 1.1 内燃机