



新世纪高职高专**课程与实训**系列教材

# 机械设计基础

李国斌 梁建和 主 编  
陈伟珍 姜 俊 王爱君 副主编  
潘尚峰 殷立君 主 审



- 面向实用型技能人才培养
- 案例导向型的内容设置
- 立体化的教材体系



清华大学出版社

新世纪高职高专课程与实训系列教材

# 机械设计基础

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 李国斌 | 梁建和 | 主 编 |     |
| 陈伟珍 | 姜 俊 | 王爱君 | 副主编 |
| 潘尚峰 | 殷立君 | 主 审 |     |

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》和新近颁布的国家有关标准编写而成的。

本书突出了高等职业教育的特点,将机械原理与机械零件的内容有机地结合在一起,并增加了实训教学内容。每章安排了较多的习题,并附答案,便于学生课后复习和教师根据授课需要安排教学,适应了目前教学改革的需要。各章内容是按照工作原理、结构特点和强度计算的顺序编写的。全书共分16章,包括机械设计基础概述、平面机构的运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、联接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、滑动轴承、滚动轴承、轴,以及其他常用零部件和机械的平衡与调速。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校举办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。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/李国斌,梁建和主编;陈伟珍,姜俊,王爱君副主编;潘尚峰,殷立君主审. —北京:清华大学出版社,2007.1

(新世纪高职高专课程与实训系列教材)

ISBN 978-7-302-14170-9

I.机… II.①李…②梁…③陈…④姜…⑤王…⑥潘…⑦殷… III.机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV.TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第137817号

责任编辑:王景先 张文弘

封面设计:山鹰工作室

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19 字 数:445千字

版 次:2007年1月第1版 印 次:2007年1月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:020760-01



# 读者回执卡

欢迎您立即填妥回函

您好！感谢您购买本书，请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡，并将此页剪下寄回我公司读者服务部。我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议，并将您的信息加入公司的客户档案中，以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益：

- ★ 免费获得我公司的新书资料；
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题；

- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座；
- ★ 可参加不定期的促销活动，免费获取赠品；

## 读者基本资料

姓 名 \_\_\_\_\_ 性 别 ☐男 ☐女 年 龄 \_\_\_\_\_  
 电 话 \_\_\_\_\_ 职 业 \_\_\_\_\_ 文化程度 \_\_\_\_\_  
 E-mail \_\_\_\_\_ 邮 编 \_\_\_\_\_  
 通讯地址 \_\_\_\_\_

请在您认可处打√（6至10题可多选）

1. 您购买的图书名称是什么：\_\_\_\_\_
2. 您在何处购买的此书：\_\_\_\_\_
3. 您对电脑的掌握程度：  
☐不懂 ☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐精通某一领域
4. 您学习此书的主要目的是：  
☐工作需要 ☐个人爱好 ☐获得证书
5. 您希望通过学习达到何种程度：  
☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐专业水平
6. 您想学习的其他电脑知识有：  
☐电脑入门 ☐操作系统 ☐办公软件 ☐多媒体设计  
☐编程知识 ☐图像设计 ☐网页设计 ☐互联网知识
7. 影响您购买图书的因素：  
☐书名 ☐作者 ☐出版机构 ☐印刷、装帧质量  
☐内容简介 ☐网络宣传 ☐图书定价 ☐书店宣传  
☐封面、插图及版式 ☐知名作家（学者）的推荐或书评 ☐其他
8. 您比较喜欢哪些形式的学习方式：  
☐看图书 ☐上网学习 ☐用教学光盘 ☐参加培训班
9. 您可以接受的图书的价格是：  
☐20元以内 ☐30元以内 ☐50元以内 ☐100元以内
10. 您从何处获知本公司产品信息：  
☐报纸、杂志 ☐广播、电视 ☐同事或朋友推荐 ☐网站
11. 您对本书的满意度：  
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
12. 您对我们的建议：\_\_\_\_\_

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

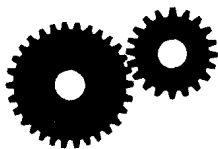
读者服务部

收

邮政编码：□□□□□□

贴 票 邮 处

请剪下本页填写清楚，放入信封寄回，谢谢！



## 前言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》和新近颁布的国家有关标准编写而成的。

本书从培养实用型技能人才应具有的基本技能出发,坚持“以应用为目的,以必需、够用为度”的编写原则,并适当考虑知识的连续性和学生今后继续学习的需要。在教材内容上对传统模式做了一定改革,增加了实训教学内容。在每一章安排有较多的习题,并附有答案,便于学生课后复习使用,也便于教师根据教学需要安排。

本书对基本理论的理解,力求深入浅出,而着重讲解典型机构,主要零部件的性能特点及设计方法,介绍了常用机构及零部件的使用方法。本书文字简明,通顺易读,便于学生自学和教师组织教学。另外,在编写过程中,采用了最新国家标准和法定计量单位。

本书由番禺职业技术学院李国斌副教授和广西水利电力职业技术学院机电工程系主任梁建和副教授主编,广西水利电力职业技术学院陈伟珍、姜俊和烟台职业技术学院王爱君任副主编。全书由李国斌副教授统稿,由清华大学精密仪器系潘尚峰副教授和江西机电职业技术学院副院长殷立君副教授主审并提出了很多宝贵的修改意见和建议,编者在此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中,番禺职业技术学院、广西水利电力职业技术学院和江西机电职业技术学院等单位的领导和同事给予了大力支持,清华大学出版社也给予了热情的帮助和指导,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请使用本书的广大教师和读者批评指正。

最后,衷心感谢读者对我们的信任与支持!如果您需要下载课件、订购教材或提出意见和建议,可以通过以下方式与我们联系:

- 联系人:王景先
- 通信地址:清华大学校内出版社白楼317室 邮编:100084
- E-mail: wangjx@tup.tsinghua.edu.cn
- 联系电话:010-62792098 转 311
- 课件下载地址: <http://www.wenyuan.com.cn>

编 者

## 《新世纪高职高专课程与实训系列教材》参编学校名单

(排名不分先后)

北京联合大学

山东烟台职业技术学院

苏州工业园区职业技术学院

云南交通职业技术学院

广西南宁职业技术学院

河北工业职业技术学院

新疆机电职业技术学院

重庆职业技术学院

广西机电职业技术学院

广西水利电力职业技术学院

江西机电职业技术学院

广东番禺职业技术学院

黑龙江农业经济职业学院

河南职业技术学院

河北石家庄职业技术学院

山东潍坊职业学院

内蒙古机电职业技术学院

广东茂名职业技术学院

江西工程职业技术学院

黑龙江哈尔滨职业技术学院

黑龙江建筑职业技术学院

广西桂林航天工业高等专科学校

金陵科技学院

广东顺德职业技术学院

辽宁机电职业技术学院

安徽滁州职业技术学院

安徽机电职业技术学院

徐州工业职业技术学院

湖南机电职业技术学院

浙江机电职业技术学院

四川机电职业技术学院

云南机电职业技术学院

湖北职业技术学院

湖北黄冈职业技术学院

山东德州科技职业学院

广西柳州职业技术学院

河北唐山工业职业技术学院

广西工业职业技术学院

重庆工程职业技术学院

广东佛山职业技术学院

山东日照职业技术学院

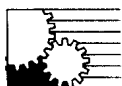
四川攀枝花学院

湖北襄樊学院

安徽蚌埠学院

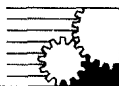
# 目 录

|                                                 |  |
|-------------------------------------------------|--|
| <b>第 1 章 机械设计基础概述</b> ..... 1                   |  |
| 1.1 本课程研究的对象和内容..... 1                          |  |
| 1.2 本课程的学习方法..... 3                             |  |
| 1.3 机械设计的基本要求和一般过程..... 3                       |  |
| 1.3.1 机械设计的基本要求..... 3                          |  |
| 1.3.2 机械设计的一般过程..... 4                          |  |
| 1.3.3 机械零件的失效形式<br>和设计准则 ..... 5                |  |
| 1.3.4 机械零件的工艺性及标准化..... 6                       |  |
| 习题与练习 ..... 7                                   |  |
| <b>第 2 章 平面机构的运动简图<br/>        及自由度</b> ..... 8 |  |
| 2.1 运动副及其分类..... 8                              |  |
| 2.1.1 低副 ..... 9                                |  |
| 2.1.2 高副 ..... 9                                |  |
| 2.2 平面机构运动简图..... 10                            |  |
| 2.2.1 运动副的符号 ..... 10                           |  |
| 2.2.2 机构中构件的分类..... 11                          |  |
| 2.2.3 机构运动简图的绘制..... 11                         |  |
| 2.3 平面机构的自由度..... 12                            |  |
| 2.3.1 平面机构自由度计算公式及<br>机构具有确定运动的条件..... 13       |  |
| 2.3.2 计算平面机构自由度应注意<br>的事项 ..... 14              |  |
| 实训 - 机构运动简图的测绘..... 16                          |  |
| 习题与练习 ..... 17                                  |  |
| <b>第 3 章 平面连杆机构</b> ..... 20                    |  |
| 3.1 平面四杆机构的类型..... 20                           |  |
| 3.2 平面连杆机构的基本特性..... 23                         |  |
| 3.2.1 铰链四杆机构存在曲柄的<br>条件 ..... 23                |  |
| 3.2.2 急回特性和行程速比系数 ..... 24                      |  |
| 3.2.3 压力角和转动角..... 25                           |  |
| 3.2.4 死点位置..... 26                              |  |
| 3.3 铰链四杆机构的演化..... 27                           |  |
| 3.3.1 曲柄滑块机构..... 27                            |  |
| 3.3.2 导杆机构..... 28                              |  |
| 3.3.3 偏心轮机构..... 29                             |  |
| 3.4 平面四杆机构的设计 ..... 30                          |  |
| 3.4.1 按给定的行程速比系数<br>设计四杆机构..... 30              |  |
| 3.4.2 按给定连杆位置<br>设计四杆机构..... 31                 |  |
| 3.4.3 按给定的两连架杆对应位置<br>设计四杆机构..... 31            |  |
| 3.4.4 按照给定点的运动轨迹<br>设计四杆机构..... 33              |  |
| 习题与练习..... 33                                   |  |
| <b>第 4 章 凸轮机构</b> ..... 37                      |  |
| 4.1 凸轮机构的应用和分类..... 37                          |  |
| 4.1.1 凸轮机构的应用..... 37                           |  |
| 4.1.2 凸轮机构的分类..... 38                           |  |
| 4.2 从动件的常用运动规律..... 39                          |  |
| 4.2.1 凸轮机构的工作过程与<br>运动线图..... 39                |  |
| 4.2.2 从动件基本运动规律..... 40                         |  |
| 4.2.3 从动件运动规律的选择..... 43                        |  |
| 4.3 图解法设计凸轮轮廓..... 43                           |  |
| 4.3.1 直动从动件盘形凸轮<br>轮廓绘制..... 43                 |  |
| 4.3.2 摆动从动件盘形凸轮轮廓的<br>设计 ..... 46               |  |
| 4.4 凸轮机构运动设计中应该注意的<br>问题 ..... 46               |  |



|                                    |           |                             |            |
|------------------------------------|-----------|-----------------------------|------------|
| 4.4.1 压力角与作用力的关系.....              | 47        | 6.4 螺栓组的联接设计和受力分析.....      | 68         |
| 4.4.2 压力角与凸轮机构尺寸的关系.....           | 47        | 6.4.1 螺栓组联接的结构设计.....       | 69         |
| 4.4.3 滚子半径的选择.....                 | 48        | 6.4.2 螺栓组的受力分析.....         | 69         |
| 习题与练习.....                         | 48        | 6.5 键联接.....                | 73         |
| <b>第 5 章 间歇运动机构.....</b>           | <b>52</b> | 6.5.1 键联接的类型与构造.....        | 73         |
| 5.1 棘轮机构.....                      | 52        | 6.5.2 键联接的强度校核.....         | 75         |
| 5.1.1 棘轮机构的工作原理.....               | 52        | 6.5.3 花键联接.....             | 76         |
| 5.1.2 棘轮转角的调节.....                 | 54        | 6.5.4 销联接.....              | 77         |
| 5.1.3 棘轮机构的特点与应用.....              | 54        | 6.5.5 过盈联接.....             | 78         |
| 5.2 槽轮机构.....                      | 55        | <b>实训二 螺栓联接的设计.....</b>     | <b>78</b>  |
| 5.2.1 槽轮机构的工作原理和类型.....            | 55        | <b>实训三 键联接的设计.....</b>      | <b>80</b>  |
| 5.2.2 槽轮机构的特点和应用.....              | 55        | 习题与练习.....                  | 80         |
| 5.2.3 槽轮槽数 $z$ 和拨盘圆销数 $K$ 的选择..... | 56        | <b>第 7 章 带传动.....</b>       | <b>84</b>  |
| 5.3 不完全齿轮机构.....                   | 57        | 7.1 带传动的类型、特点和应用.....       | 84         |
| 5.3.1 不完全齿轮机构的工作原理和类型.....         | 57        | 7.1.1 带传动的工作原理和类型.....      | 84         |
| 5.3.2 不完全齿轮机构的特点及用途.....           | 57        | 7.1.2 带传动的特点和应用.....        | 85         |
| 习题与练习.....                         | 57        | 7.2 V 带和带轮的结构.....          | 86         |
| <b>第 6 章 联接.....</b>               | <b>59</b> | 7.2.1 V 带的结构.....           | 86         |
| 6.1 螺纹.....                        | 59        | 7.2.2 V 带轮的结构.....          | 87         |
| 6.1.1 螺纹的形成和类型及主要参数.....           | 59        | 7.3 带传动的工作情况分析.....         | 89         |
| 6.1.2 螺纹联接的主要类型.....               | 62        | 7.3.1 带传动的受力分析.....         | 89         |
| 6.1.3 螺纹副的受力分析、效率和自锁.....          | 62        | 7.3.2 带传动的应力分析.....         | 90         |
| 6.2 螺纹联接的预紧与防松.....                | 64        | 7.3.3 带传动的弹性滑动和传动比.....     | 91         |
| 6.2.1 螺纹联接的拧紧.....                 | 64        | 7.4 普通 V 带传动的计算.....        | 91         |
| 6.2.2 螺纹联接的防松.....                 | 64        | 7.4.1 带传动的主要失效形式和设计准则.....  | 91         |
| 6.3 螺栓联接的强度计算.....                 | 65        | 7.4.2 单根 V 带的基本额定功率.....    | 92         |
| 6.3.1 普通螺栓的强度计算.....               | 65        | 7.4.3 主要参数选择.....           | 94         |
| 6.3.2 铰制孔用螺栓联接的强度计算.....           | 67        | 7.5 带传动的张紧装置、安装及维护.....     | 98         |
|                                    |           | 7.5.1 带传动的张紧装置.....         | 98         |
|                                    |           | 7.5.2 带传动的安装.....           | 99         |
|                                    |           | 7.5.3 带传动的维护.....           | 100        |
|                                    |           | <b>实训四 带传动特性的测定及分析.....</b> | <b>100</b> |
|                                    |           | 习题与练习.....                  | 103        |
|                                    |           | <b>第 8 章 链传动.....</b>       | <b>105</b> |
|                                    |           | 8.1 链传动的特点和类型.....          | 105        |

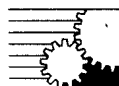




|                                     |     |                                     |     |
|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 8.1.1 链传动的特点 .....                  | 105 | 9.6.3 变位齿轮简介 .....                  | 131 |
| 8.1.2 链传动的类型 .....                  | 106 | 9.6.4 齿轮精度等级的选择 .....               | 132 |
| 8.2 滚子链和链轮的结构 .....                 | 106 | 9.7 齿轮传动的失效形式及设计准则 .....            | 133 |
| 8.2.1 滚子链的结构和规格 .....               | 106 | 9.7.1 轮齿的失效形式 .....                 | 133 |
| 8.2.2 滚子链链轮 .....                   | 108 | 9.7.2 设计准则 .....                    | 135 |
| 8.3 链传动的设计计算 .....                  | 110 | 9.8 齿轮的常用材料及热处理 .....               | 135 |
| 8.3.1 链传动的失效形式 .....                | 110 | 9.8.1 齿轮材料的要求 .....                 | 135 |
| 8.3.2 滚子链的额定功率曲线 .....              | 111 | 9.8.2 常用齿轮材料及热处理 .....              | 135 |
| 8.3.3 设计计算步骤 .....                  | 112 | 9.9 渐开线标准直齿圆柱齿轮的<br>强度计算 .....      | 137 |
| 8.4 链传动的布置、张紧和润滑 .....              | 114 | 9.9.1 轮齿的受力分析 .....                 | 137 |
| 8.4.1 链传动的布置 .....                  | 114 | 9.9.2 轮齿的计算载荷 .....                 | 138 |
| 8.4.2 链传动的张紧 .....                  | 115 | 9.9.3 齿面接触强度计算 .....                | 138 |
| 8.4.3 链传动的润滑 .....                  | 115 | 9.9.4 轮齿的弯曲疲劳强度计算 .....             | 141 |
| <b>实训五 链式运输机滚子链传动的<br/>设计</b> ..... | 115 | 9.10 平行轴斜齿轮机构 .....                 | 145 |
| 习题与练习 .....                         | 117 | 9.10.1 斜齿轮齿廓曲面的<br>形成及其啮合特点 .....   | 145 |
| <b>第9章 齿轮传动</b> .....               | 119 | 9.10.2 斜齿轮各部分名称和<br>几何尺寸计算 .....    | 146 |
| 9.1 齿轮传动的类型及基本要求 .....              | 119 | 9.10.3 斜齿轮传动的重合度 .....              | 147 |
| 9.1.1 齿轮传动的类型 .....                 | 119 | 9.10.4 斜齿轮的当量齿数 .....               | 148 |
| 9.1.2 对齿轮传动的基本要求 .....              | 120 | 9.10.5 斜齿轮的优缺点 .....                | 149 |
| 9.2 齿廓啮合基本定律 .....                  | 121 | 9.10.6 斜齿圆柱齿轮强度计算 .....             | 149 |
| 9.3 渐开线齿轮 .....                     | 122 | 9.11 直齿圆锥齿轮机构 .....                 | 153 |
| 9.3.1 渐开线的形成及其性质 .....              | 122 | 9.11.1 圆锥齿轮传动的应用、<br>特点和分类 .....    | 153 |
| 9.3.2 渐开线齿廓的啮合特性 .....              | 123 | 9.11.2 直齿圆锥齿轮的背锥及<br>当量齿轮 .....     | 153 |
| 9.4 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮<br>的基本尺寸 .....  | 124 | 9.11.3 直齿圆锥齿轮的几何尺寸<br>计算 .....      | 155 |
| 9.4.1 齿轮各部分的名称 .....                | 124 | 9.11.4 直齿圆锥齿轮强度计算 .....             | 156 |
| 9.4.2 齿轮的基本参数和<br>几何尺寸 .....        | 125 | 9.12 齿轮的结构设计及齿轮传动的<br>润滑 .....      | 158 |
| 9.5 渐开线标准齿轮的啮合 .....                | 126 | 9.12.1 齿轮的结构设计 .....                | 158 |
| 9.5.1 渐开线齿轮正确啮合条件 .....             | 126 | 9.12.2 齿轮传动的润滑 .....                | 160 |
| 9.5.2 标准中心距 .....                   | 127 | <b>实训六 渐开线直齿圆柱齿轮范成<br/>实训</b> ..... | 160 |
| 9.5.3 渐开线齿轮连续传动的<br>条件 .....        | 128 | 习题与练习 .....                         | 162 |
| 9.6 渐开线齿轮的切齿原理 .....                | 129 |                                     |     |
| 9.6.1 齿轮轮齿的加工方法 .....               | 129 |                                     |     |
| 9.6.2 轮齿的根切现象, 齿轮的<br>最小齿数 .....    | 131 |                                     |     |



|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>第 10 章 蜗杆传动</b> .....            | 166 |
| 10.1 蜗杆传动的特点和类型 .....               | 166 |
| 10.1.1 蜗杆传动的特点 .....                | 166 |
| 10.1.2 蜗杆传动的类型 .....                | 167 |
| 10.2 蜗杆传动的基本参数和<br>几何尺寸计算 .....     | 168 |
| 10.2.1 蜗杆传动的基本参数 .....              | 168 |
| 10.2.2 蜗杆传动的几何尺寸<br>计算 .....        | 171 |
| 10.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则、<br>材料和结构 ..... | 171 |
| 10.3.1 蜗杆传动的失效形式和<br>设计准则 .....     | 171 |
| 10.3.2 蜗杆、蜗轮的材料和<br>结构 .....        | 172 |
| 10.4 蜗杆传动的强度计算 .....                | 174 |
| 10.4.1 蜗杆传动的受力分析 .....              | 174 |
| 10.4.2 蜗轮齿面接触疲劳强度<br>计算 .....       | 175 |
| 10.4.3 蜗轮轮齿的齿根弯曲疲劳<br>强度计算 .....    | 175 |
| 10.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡<br>计算 .....     | 176 |
| 10.5.1 蜗杆传动的效率 .....                | 176 |
| 10.5.2 蜗杆传动的润滑 .....                | 177 |
| 10.5.3 蜗杆传动的热平衡计算 .....             | 178 |
| <b>实训七 闭式蜗杆传动的设计</b> .....          | 179 |
| 习题与练习 .....                         | 180 |
| <b>第 11 章 轮系</b> .....              | 183 |
| 11.1 轮系的分类 .....                    | 183 |
| 11.2 定轴轮系及其传动比 .....                | 184 |
| 11.2.1 齿轮系的传动比 .....                | 184 |
| 11.2.2 定轴轮系传动比的<br>计算公式 .....       | 184 |
| 11.3 行星轮系及其传动比 .....                | 186 |
| 11.3.1 行星轮系的组成 .....                | 186 |
| 11.3.2 行星轮系传动比的计算 .....             | 186 |
| 11.4 混合轮系及其传动比 .....                | 188 |
| 11.5 轮系的应用 .....                    | 189 |
| 习题与练习 .....                         | 192 |
| <b>第 12 章 滑动轴承</b> .....            | 194 |
| 12.1 滑动轴承的类型和特点 .....               | 194 |
| 12.1.1 摩擦状态 .....                   | 194 |
| 12.1.2 滑动轴承的主要类型和<br>特点 .....       | 197 |
| 12.1.3 滑动轴承的应用 .....                | 199 |
| 12.2 滑动轴承的结构及材料 .....               | 199 |
| 12.2.1 轴瓦的结构 .....                  | 199 |
| 12.2.2 滑动轴承的材料 .....                | 200 |
| 12.3 滑动轴承的润滑 .....                  | 202 |
| 12.3.1 润滑油及其选择 .....                | 202 |
| 12.3.2 润滑脂及其选择 .....                | 203 |
| 12.3.3 固体润滑剂 .....                  | 204 |
| 12.3.4 油润滑方式和润滑装置 .....             | 204 |
| 12.3.5 动压液体摩擦滑动轴承<br>简介 .....       | 205 |
| 习题与练习 .....                         | 206 |
| <b>第 13 章 滚动轴承</b> .....            | 208 |
| 13.1 滚动轴承的构造及基本类型 .....             | 208 |
| 13.1.1 滚动轴承的构造 .....                | 208 |
| 13.1.2 滚动轴承的分类与特性 .....             | 209 |
| 13.2 滚动轴承的代号 .....                  | 211 |
| 13.2.1 基本代号 .....                   | 212 |
| 13.2.2 前置代号 .....                   | 213 |
| 13.2.3 后置代号 .....                   | 213 |
| 13.3 滚动轴承的选择计算 .....                | 214 |
| 13.3.1 失效形式 .....                   | 214 |
| 13.3.2 轴承寿命 .....                   | 215 |
| 13.3.3 当量动载荷的计算 .....               | 216 |
| 13.3.4 角接触向心轴承轴向载荷<br>的计算 .....     | 217 |
| 13.4 滚动轴承的静强度计算 .....               | 219 |
| 13.4.1 基本额定静载荷 $C_0$ .....          | 219 |
| 13.4.2 当量静载荷 $P_0$ .....            | 219 |
| 13.4.3 静强度计算 .....                  | 220 |



|                              |     |                                  |     |
|------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| 13.5 滚动轴承的润滑和密封.....         | 220 | 15.1.1 常用联轴器的结构和特点 ...           | 244 |
| 13.5.1 滚动轴承的润滑.....          | 221 | 15.1.2 联轴器的选用.....               | 246 |
| 13.5.2 滚动轴承的密封.....          | 221 | 15.2 离合器.....                    | 247 |
| 13.6 滚动轴承的组合设计.....          | 222 | 15.3 弹簧.....                     | 249 |
| 13.6.1 滚动轴承的轴向固定.....        | 222 | 15.3.1 弹簧的类型和主要功用.....           | 249 |
| 13.6.2 轴承组合的调整.....          | 223 | 15.3.2 弹簧的材料及制造.....             | 250 |
| 13.6.3 滚动轴承的配合.....          | 224 | 15.3.3 圆柱螺旋弹簧的几何尺寸<br>及特性曲线..... | 251 |
| 13.6.4 轴承的装拆.....            | 224 | 习题与练习.....                       | 253 |
| 习题与练习.....                   | 225 |                                  |     |
| <b>第 14 章 轴</b> .....        | 228 | <b>第 16 章 机械的平衡与调速</b> .....     | 256 |
| 14.1 轴的分类.....               | 228 | 16.1 回转件的平衡.....                 | 256 |
| 14.2 轴的材料.....               | 230 | 16.1.1 机械平衡的目的和分类.....           | 256 |
| 14.3 轴的结构设计.....             | 231 | 16.1.2 回转件的静平衡.....              | 257 |
| 14.3.1 轴上零件的装配方案.....        | 231 | 16.1.3 回转件的动平衡.....              | 259 |
| 14.3.2 轴上零件轴向和<br>周向定位.....  | 231 | 16.2 机械运转速度波动的调节.....            | 261 |
| 14.3.3 轴的结构工艺性.....          | 233 | 16.2.1 机械运转速度波动调节的<br>目的和方法..... | 261 |
| 14.3.4 提高轴的强度和刚度的<br>措施..... | 233 | 16.2.2 周期性速度波动的调节.....           | 261 |
| 14.4 轴的强度计算.....             | 234 | 16.2.3 非周期性速度波动.....             | 264 |
| 14.5 轴的刚度计算.....             | 238 | <b>实训九 刚性转子的静、动平衡实训</b> .....    | 265 |
| <b>实训八 轴系结构的测绘与分析</b> .....  | 239 | 习题与练习.....                       | 269 |
| 习题与练习.....                   | 241 |                                  |     |
| <b>第 15 章 其他常用零部件</b> .....  | 243 | <b>附录 A 习题与练习参考答案</b> .....      | 272 |
| 15.1 联轴器.....                | 243 | <b>参考文献</b> .....                | 288 |

# 第 1 章

## 机械设计基础概述

### 本章要点及学习指导:

本章学习的重点是“本课程研究的对象和内容、机械设计的基本要求和一般过程”。在本章的开始,介绍了机器、机构及机械等名词和概念,以及机器和机构的用途及区别,并通过实例说明各种机器的主要组成部分都是各种机构,从而明确了机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点,其中基本设计理论和计算方法是本课程研究的主要对象。在本章的学习中,要把注意力集中在了解本课程研究的对象及内容上。当然,由于目前还没有具体学习这些内容,故只能是有一个概括的了解。此外,对本课程的性质和特点也应有所了解,以便采取合适的学习方法把本课程学好。

### 案例导入:

用内燃机、颚式破碎机导入。提出机器的共同特征、机器与机构的区别、通用零件和专用零件的概念,介绍机械设计的基本要求及机械设计的一般过程。

机械是人类进行生产以减少体力劳动和提高生产率的主要工具,使用机械进行生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志。为了更好地运用、研究和设计机械,对于机械工程技术人員,学习和掌握一定的机械设计基础知识是非常重要的。

## 1.1 本课程研究的对象和内容

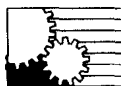
在日常生活和生产中,人们广泛地使用着名目繁多的机器。例如,缝纫机、洗衣机、汽车、电动机和起重机等。尽管这些机器的结构、性能和用途各不相同,但它们具有一些共同的特征。

如图 1.1 所示为单缸内燃机,它由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和齿轮 10 等组成。燃气推动活塞移动,通过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。

如图 1.2 所示为颚式破碎机,它由电动机 1、带轮 2、V 型带 3、带轮 4、偏心轴 5、动颚板 6、肘板 7、定颚板及机架 8 等组成。电动机的转动经带传动带动偏心轴转动,从而使动颚板产生平面运动,与定颚板一起实现轧碎物料的功能。

由以上分析可知,各种机械虽然结构型式、功用和性能不同,但都具有以下的共同特征:

- 它们是由许多人为实体的组合。
- 各实体间具有确定的相对运动。
- 它们能代替或减轻人类的劳动,以完成有效的机械功,或进行能量转换。



凡同时具有以上三个特征的机械称为机器，仅具备前两个特征的则称为机构。由此可见，机器是由机构组成的，但从构成和运动的观点看，机器与机构并无区别。故在工程上，通常以“机械”一词作为机器和机构的总称。

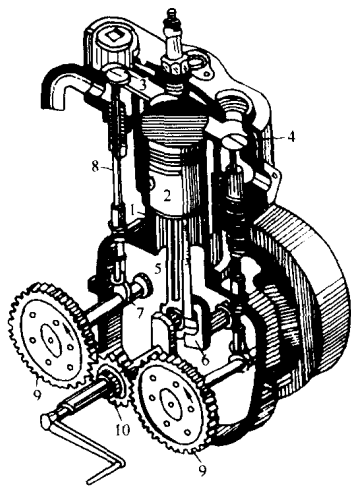


图 1.1 内燃机

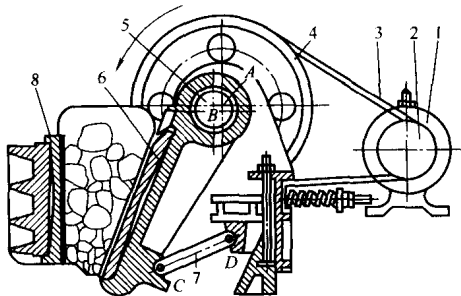


图 1.2 颚式破碎机

机构中的运动单元体称为构件。所以构件具有独立的运动特性，它是运动的单元，而零件是制造的单元。如图 1.3 所示的连杆，它是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 及螺母 3 等几个零件组成。零件是组成机械的不可拆的基本单元，如螺钉、齿轮轴和弹簧等。

对于机械中的零件，按功能和结构特点又可分为通用零件和专用零件。各种机械中普通使用的零件称为通用零件，如前所述零件。仅在某些专门行业中才用到的零件称为专门零件，如汽轮机的叶片、机床的床身和内燃机的活塞等。

机械设计基础课程主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点，基本设计理论和计算方法，同时扼要地介绍国家标准和有关规范，某些标准零件的选用原则和方法。

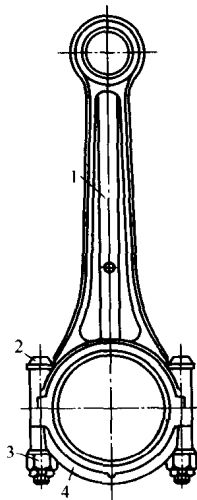
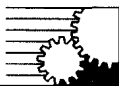


图 1.3 连杆



## 1.2 本课程的学习方法

机械设计基础如同机械制图、电工学一样,是高等学校工科有关专业的一门主要的技术基础课。通过本课程的学习,可以培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力,为日后从事技术革新创造条件,为学习有关专业课程提供必要的理论基础。学习本课程时应注意以下几个特点:

(1) 本课程要综合运用高等数学、工程力学、金工实习、制图、互换性与技术测量等课程的基本知识去解决常用机构、通用零件的设计等问题。因此,先修课程的掌握程度直接影响到本课程的学习。

(2) 学生一接触本课程就会产生“没有系统性”、“逻辑性差”等错觉,这是由于学生习惯了基础课的系统性所造成的。本课程中,虽然不同研究对象所涉及的理论基础不同,且相互之间无多大关系,但最终的研究目的只有一个,即设计出能应用的机构、零件等。本课程的各部分内容都是按照工作原理、结构、强度计算和使用维护的顺序介绍的,有其自身的系统性,学习时应注意这一特点。

(3) 由于实践中的问题很复杂,很难用纯理论的方法来解决。因此,常常采用很多经验公式、参数以及简化计算等,这样往往会给学生造成“不讲道理”、“没有理论”等错觉,这点必须在学习过程中逐步适应。

(4) 计算步骤和计算结果常常不像基础课具有唯一性。

(5) 计算对解决设计问题虽然很重要,但并不是唯一所要求的能力。学生必须逐步培养把理论计算与结构设计、工艺等结合起来解决设计问题的能力。

## 1.3 机械设计的基本要求和一般过程

### 1.3.1 机械设计的基本要求

机械的类型很多,但其设计的基本要求大致相同。主要有以下几点:

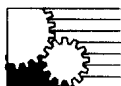
#### 1. 满足预定功能的要求

这是指能够按照预期的技术要求顺利地执行机械的全部职能,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. 满足经济性要求

机械的经济性是指在设计、制造上成本低,使用上效率高,能源和辅助材料消耗少,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、制造及使用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。

### 3. 满足工艺要求

设计机器时应尽量减少零件的数量,尽可能地采用标准件,装配及维修简单等。

### 4. 满足劳动保护要求

操作方便为有利于减轻操作人员的劳动强度。能实现对操作人员的防护,保证人身安全和身体健康。对于技术系统的周围环境和人不致造成污染和危害,同时要保证机器对环境的适应性。

### 5. 满足其他特殊要求

必须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,如药品、食品和纺织机械要求防止产品污染,航空航天机械要求减轻重量等。

总之,必须根据所要设计的机械的实际情况,分清应满足的各项设计要求的主次程度,切忌简单照搬或乱提要求。

## 1.3.2 机械设计的一般过程

机械设计方法很多,既有传统的设计方法,也有现代的设计方法。由于各种机械的用途、性能要求不同,设计的具体条件不同,所以设计的步骤和方法不完全一致,但一般过程和内容是基本一致的。

### 1. 机械设计过程的几个阶段

机械设计的过程通常可分为以下几个阶段:

#### 1) 提出和制定产品设计任务书

设计任务书通常是人们根据市场需求提出,通过可行性分析后确定的,其中包括产品的预期功能、有关指标和限制条件等。

#### 2) 总体方案设计

在满足设计任务书的前提下,由设计人员提出各种设计方案并进行分析比较,从中选择最佳方案。

#### 3) 技术设计

在既定设计方案的基础上,完成机械产品的总体设计、部件设计和零件设计等,设计结果以工程图及计算书等技术文件的形式表达出来。

#### 4) 样机的试制和鉴定

根据技术设计提供的图样和技术文件进行样机试制并对样机进行试运行,检测样机是否达到设计要求。把发现的问题反馈给设计人员,经过修改完善,最后通过鉴定。

#### 5) 产品的正式投产

根据鉴定结论,使样机定型。然后,再由生产条件和市场状况确定生产数量。



## 2. 机构零件设计的一般步骤

当机械的总体方案已经确定,运动学和动力学计算完成后,就要进行主要零部件的设计。机械零件设计的一般步骤如下:

- (1) 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案确定零件的载荷。
- (2) 根据零件工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则。
- (3) 进行主要参数的选择,选定材料,根据计算准则求出零件的主要尺寸,考虑热处理及结构工艺性等。
- (4) 进行结构设计。
- (5) 绘制零件工作图,制订技术要求,编写计算说明书及有关技术文件。

对于不同的零件和工作条件,以上这些步骤可以有所不同。此外,在设计过程中,这些步骤又是相互交错、反复进行的。

## 3. 设计过程中的注意事项

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决方案并逐步完善的过程。设计过程中还应注意几点:

- (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—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。

### 1.3.3 机械零件的失效形式和设计准则

#### 1. 零件的工作能力

进行机器的零件设计时,一般都要根据零件的可能失效形式来进行,保证零件具有足够抵抗失效的工作能力。

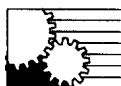
零件的工作能力是指在不发生失效的条件下,零件所能达到的安全工作的限度。若用载荷来表示,习惯上称为承载能力。

#### 2. 失效形式

机械零件的失效是指零件由于某些原因不能正常工作的现象。失效并不单纯意味着损坏,而且有更广泛的含义,零件常见的失效形式有:断裂或过大的塑性变形,过大的弹性变形,工作表面过度磨损或损坏,发生了强烈的振动,工作温度过高而产生过大的热应力,热变形或破坏正常的润滑油膜,靠摩擦力工作的零件打滑以及联接零件的松动等。如果零件发生失效,机械就可能无法正常工作。

同一种机械零件可能有几种不同的失效形式,对应于各种失效形式就各有其不同的工





作能力。例如,设计机床的主轴时,必须保证它具有足够的强度,而不发生断裂,且其弹性变形不能超过一定的数值,即还必须保证其刚度,对于有些作相对运动的零件,如机床的导轨,除了保证其强度和刚度外,还要求具有良好的耐磨性,否则会破坏机床应用的精度。

### 3. 设计准则

为了防止零件在预期工作寿命期内发生失效,设计零件时必须依据一定的设计准则,显然这些准则与失效形式紧密地联系在一起。这些准则主要有:强度准则、刚度准则、耐磨性准则、振动稳定性准则和可靠性准则。

## 1.3.4 机械零件的工艺性及标准化

### 1. 工艺性

机械零件的结构,主要由它在机械中的作用,它和其他相关零件的关系及制造工艺所决定。如果零件的结构在具体生产条件下,能用最少的工时和最低成本制造和装配出来,则这样的零件结构具有良好的工艺性,因此,对零件进行结构设计时,有关工艺性的基本要求是:

#### 1) 毛坯选择合理

机械制造中毛坯制备的方法有:直接利用型材、铸造、锻造、冲击和焊接等。毛坯的选择与具体的生产条件有关,一般取决于生产批量、材料性能和加工可能性等。

#### 2) 结构简单合理和便于机械加工

设计零件的结构形状时,应尽量采用简单的表面(如平面、圆柱面)及其配合,并使加工表面数目最少和加工面积最小。

#### 3) 制造精度及表面粗糙度选得合适

制造精度和表面粗糙度选得越高,加工费用就越高,因此,应在满足使用要求的原则下,恰当地选择制造精度和表面粗糙度。

### 2. 标准化

标准化是指以制订标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。它包含两方面的内容:制订标准和贯彻标准;其原则是统一、简化、协调、择优。标准化有重大意义:有利于设计和制造,有利于产品的互换性,便于维修。标准件可以组织专门化生产,既有利于保证产品质量,又可降低成本。随着工业的发展,我国颁布了许多标准,其中有国家标准(GB)、部颁标准、专业标准和企业标准四级,在机械设计过程中,如无特殊需要,就必须采用这些标准。在国际上,为了促进世界各国在技术上的统一,成立了国际标准化组织(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 IEC),由这两个组织负责制定和颁发国际标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了自己的标准。修订的原则是,在立足我国生产实际的基础上向 ISO 靠拢,以利于加强我国在国际上的技术交流和产品互换。