



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

# 机械设计

主 编 门艳忠



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

# 机 械 设 计

主 编 门艳忠

副主编 李玉清 刘秀莲 尹大庆

参 编 陈国辉 于克强 张 丹



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本书是根据高等工科院校“机械设计课程教学基本要求”和教育部组织实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的要求,针对普通高等工科院校的培养目标而编写的。本书在编写过程中有机融入最新的实例以及操作性较强的案例,并对案例进行有效的分析,突出了教材的新颖性和设计的实用性。本书力求精练,整合了过深过宽的理论部分。全书共分 4 篇 14 章,包括绪论、机械设计概述、机械零件设计中的强度与耐磨性、螺纹连接与螺旋传动、键连接及其他连接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动设计、轴的设计、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器及弹簧设计。

本书可作为高等学校机械类及近机类各专业的教材,也可供相关专业师生和工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计/门艳忠主编. —北京:北京大学出版社, 2010.8

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17599-6

I. ①机… II. ①门… 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(2010)第 149682 号

书 名: 机械设计

著作责任者: 门艳忠 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-17599-6/TH·0210

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印 刷 者: 三河市北燕印装有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 519 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

本书是在满足高等学校机械类专业机械设计课程教学基本要求的前提下,以培养“创新型应用人才”思想为指导,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的内容和关键点,在编写过程中融入最新的实例及操作性较强的案例,并对实例进行有效的分析,以工程应用实例来导出全章的知识点。

本书可作为高等学校机械类及近机类各专业的教材,也可供相关专业师生和工程技术人员参考使用。

本书是编者结合多年的教学经验和科研实践,同时认真吸取了其他高等学校机械类专业机械设计课程近几年教学改革的经验,认真组织教学内容,并参考了许多最新资料,采用最新国家标准及规范精心编写的。编写过程中以培养学生工程实践能力、综合机械设计能力和创新能力为核心,加强了课程内容在逻辑和结构上的联系与综合,力求简单、实用,重点突出,避免单纯知识传授等缺点。本书突出创新能力和创新思维的培养,形成一个以培养学生工程实践能力和创新能力为目标的机械设计课程体系。

本书由门艳忠担任主编,李玉清、刘秀莲、尹大庆担任副主编。参加编写的有:黑龙江科技学院门艳忠(第0、1、6、8、9章),黑龙江八一农垦大学李玉清(第2、5、12章),东北农业大学尹大庆(第3章),黑龙江科技学院陈国辉(第4、13章)、刘秀莲(第7章)、张丹(第10章)、于克强(第11章)。本书由门艳忠负责统稿。

由于编者水平有限,书中难免会有一些疏漏之处,恳请同行专家和读者指正。

编 者

2010年6月

# 目 录

|                    |   |
|--------------------|---|
| 第 1 篇 机械设计总论 ..... | 1 |
|--------------------|---|

|                |   |
|----------------|---|
| 第 0 章 绪论 ..... | 2 |
|----------------|---|

|            |   |
|------------|---|
| 本章小结 ..... | 5 |
|------------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| 第 1 章 机械设计概述 ..... | 6 |
|--------------------|---|

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.1 机械设计与机械零件设计的<br>基本要求 ..... | 7 |
|--------------------------------|---|

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 1.1.1 机械设计的基本要求 ..... | 7 |
|-----------------------|---|

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1.1.2 机械零件设计的<br>基本要求 ..... | 8 |
|-----------------------------|---|

|                     |   |
|---------------------|---|
| 1.2 机械设计的一般程序 ..... | 9 |
|---------------------|---|

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1.2.1 制订设计工作计划 ..... | 9 |
|----------------------|---|

|                  |    |
|------------------|----|
| 1.2.2 方案设计 ..... | 10 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 1.2.3 技术设计 ..... | 10 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 1.2.4 施工设计 ..... | 10 |
|------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1.2.5 试制、试验、鉴定 ..... | 10 |
|----------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| 1.2.6 定型产品设计 ..... | 11 |
|--------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1.3 机械零件的主要失效形式与<br>设计准则 ..... | 11 |
|--------------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1.3.1 机械零件的主要<br>失效形式 ..... | 11 |
|-----------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.3.2 机械零件的设计准则 ..... | 12 |
|-----------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1.4 机械零件的设计方法与<br>基本原则 ..... | 13 |
|------------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.4.1 机械零件的设计方案 ..... | 13 |
|-----------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.4.2 机械零件的设计步骤 ..... | 15 |
|-----------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1.4.3 机械零件设计的<br>基本原则 ..... | 15 |
|-----------------------------|----|

|            |    |
|------------|----|
| 本章小结 ..... | 17 |
|------------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 习题 ..... | 17 |
|----------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 2 章 机械零件设计中的<br>强度与耐磨性 ..... | 18 |
|--------------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.1 机械零件的载荷与应力 ..... | 19 |
|----------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.1.1 载荷与应力的分类 ..... | 19 |
|----------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.1.2 稳定循环变应力的<br>基本参数 ..... | 20 |
|------------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2.2 静应力时机械零件的<br>强度计算 ..... | 20 |
|-----------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2.2.1 塑性材料零件的<br>强度计算 ..... | 20 |
|-----------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 2.2.2 脆性材料与低塑性材料 ..... | 21 |
|------------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.3 机械零件的疲劳强度 ..... | 22 |
|---------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| 2.3.1 疲劳断裂特征 ..... | 22 |
|--------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.3.2 疲劳曲线和疲劳极限<br>应力图 ..... | 22 |
|------------------------------|----|

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 2.3.3 影响机械零件疲劳强度的主要<br>因素和零件极限应力图 ..... | 24 |
|-----------------------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.3.4 单向稳定变应力时的<br>疲劳强度计算 ..... | 25 |
|---------------------------------|----|

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.3.5 提高机械零件疲劳强度的<br>措施 ..... | 27 |
|-------------------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.4 机械零件的接触强度 ..... | 28 |
|---------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2.5 摩擦、磨损与润滑概述 ..... | 29 |
|----------------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 2.5.1 摩擦 ..... | 29 |
|----------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 2.5.2 磨损 ..... | 30 |
|----------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 2.5.3 润滑 ..... | 32 |
|----------------|----|

|            |    |
|------------|----|
| 本章小结 ..... | 35 |
|------------|----|

|          |    |
|----------|----|
| 习题 ..... | 35 |
|----------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第 2 篇 连接件设计 ..... | 37 |
|-------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 3 章 螺纹连接与螺旋传动 ..... | 38 |
|-----------------------|----|

|              |    |
|--------------|----|
| 3.1 概述 ..... | 39 |
|--------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 3.2 螺纹连接 ..... | 40 |
|----------------|----|

|                |    |
|----------------|----|
| 3.2.1 螺纹 ..... | 40 |
|----------------|----|

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 3.2.2 螺纹连接的类型及<br>螺纹连接件 ..... | 42 |
|-------------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| 3.2.3 螺纹连接的预紧和防松 ..... | 46 |
|------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 3.2.4 螺栓组连接的结构设计和<br>受力分析 ..... | 49 |
|---------------------------------|----|

|                                  |    |                                  |     |
|----------------------------------|----|----------------------------------|-----|
| 3.2.5 单个螺栓连接的<br>强度计算 .....      | 53 | 5.2.2 V带轮结构 .....                | 94  |
| 3.2.6 螺纹连接件的材料选择 .....           | 59 | 5.2.3 带传动的几何计算 .....             | 96  |
| 3.2.7 提高螺栓连接强度的<br>措施 .....      | 60 | 5.3 带传动工作情况分析 .....              | 97  |
| 3.3* 螺旋传动 .....                  | 65 | 5.3.1 带传动的受力分析 .....             | 97  |
| 3.3.1 螺旋传动的类型、特点及<br>应用 .....    | 65 | 5.3.2 带传动的最大有效拉力及其<br>影响因素 ..... | 98  |
| 3.3.2 螺旋传动的设计计算 .....            | 66 | 5.3.3 带传动的应力分析 .....             | 99  |
| 3.3.3 其他螺旋传动简介 .....             | 70 | 5.3.4 带的弹性滑动和打滑 .....            | 100 |
| 3.3.4 螺旋传动的工程应用 .....            | 71 | 5.4 V带传动的设计 .....                | 101 |
| 本章小结 .....                       | 72 | 5.4.1 设计准则和单根V带的<br>基本额定功率 ..... | 101 |
| 习题 .....                         | 72 | 5.4.2 带传动的设计与<br>参数选择 .....      | 105 |
| <b>第4章 键连接及其他连接</b> .....        | 75 | 5.4.3 带传动的张紧、安装及<br>维护 .....     | 110 |
| 4.1 键连接 .....                    | 76 | 本章小结 .....                       | 111 |
| 4.1.1 键连接的功用、主要类型和<br>应用特点 ..... | 76 | 习题 .....                         | 111 |
| 4.1.2 键的选择和键连接的<br>强度计算 .....    | 78 | <b>第6章 链传动</b> .....             | 113 |
| 4.2 花键连接 .....                   | 80 | 6.1 概述 .....                     | 114 |
| 4.2.1 花键连接特点、类型和<br>应用 .....     | 81 | 6.1.1 链传动的组成和<br>工作原理 .....      | 114 |
| 4.2.2 花键连接的设计计算 .....            | 81 | 6.1.2 链的类型 .....                 | 115 |
| 4.3 销连接 .....                    | 83 | 6.1.3 链传动的特点及应用 .....            | 115 |
| 4.4 无键连接 .....                   | 84 | 6.2 链条与链轮 .....                  | 115 |
| 4.4.1 型面连接 .....                 | 84 | 6.2.1 链条 .....                   | 115 |
| 4.4.2 过盈连接 .....                 | 84 | 6.2.2 链轮 .....                   | 118 |
| 4.4.3 胀紧连接 .....                 | 84 | 6.3 链传动的运动分析及受力分析 .....          | 119 |
| 本章小结 .....                       | 86 | 6.3.1 链传动的运动分析 .....             | 119 |
| 习题 .....                         | 86 | 6.3.2 链传动的受力分析 .....             | 121 |
| <b>第3篇 机械传动设计</b> .....          | 87 | 6.4 滚子链传动的失效形式及<br>功率曲线 .....    | 122 |
| <b>第5章 带传动</b> .....             | 88 | 6.4.1 滚子链传动的<br>失效形式 .....       | 122 |
| 5.1 概述 .....                     | 89 | 6.4.2 滚子链传动的<br>极限功率曲线 .....     | 123 |
| 5.1.1 带传动的类型 .....               | 89 | 6.4.3 滚子链传动的<br>额定功率曲线 .....     | 124 |
| 5.1.2 摩擦型带传动的<br>特点及应用 .....     | 91 | 6.5 链传动的设计计算 .....               | 126 |
| 5.2 V带及带轮结构 .....                | 92 | 6.5.1 一般链传动的<br>设计计算 .....       | 126 |
| 5.2.1 V带类型和标准 .....              | 92 |                                  |     |

|                                   |     |                                     |     |
|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 6.5.2 低速链传动的<br>静强度计算 .....       | 127 | 7.7.4 齿面接触疲劳强度<br>计算 .....          | 167 |
| 6.6 链传动的布置、张紧与润滑 .....            | 128 | 7.7.5 斜齿轮传动的参数<br>选择 .....          | 169 |
| 6.6.1 链传动的布置 .....                | 128 | 7.8 标准直齿锥齿轮传动的<br>强度计算 .....        | 173 |
| 6.6.2 链传动的张紧 .....                | 128 | 7.8.1 设计参数 .....                    | 173 |
| 6.6.3 链传动的润滑 .....                | 129 | 7.8.2 轮齿的受力分析 .....                 | 174 |
| 本章小结 .....                        | 132 | 7.8.3 齿根弯曲疲劳强度<br>计算 .....          | 175 |
| 习题 .....                          | 132 | 7.8.4 齿面接触疲劳强度<br>计算 .....          | 176 |
| <b>第 7 章 齿轮传动</b> .....           | 134 | 7.9 变位齿轮传动强度计算概述 .....              | 176 |
| 7.1 概述 .....                      | 135 | 7.10 齿轮的结构设计 .....                  | 177 |
| 7.1.1 齿轮传动的特点 .....               | 135 | 7.11 齿轮传动的润滑 .....                  | 181 |
| 7.1.2 齿轮传动类型 .....                | 135 | 7.11.1 齿轮传动的润滑方式 .....              | 181 |
| 7.2 齿轮传动的失效形式及<br>设计准则 .....      | 136 | 7.11.2 润滑剂的选择 .....                 | 182 |
| 7.2.1 齿轮的失效形式 .....               | 136 | 本章小结 .....                          | 183 |
| 7.2.2 设计准则 .....                  | 139 | 习题 .....                            | 183 |
| 7.3 齿轮的材料及其选择原则 .....             | 140 | <b>第 8 章 蜗杆传动设计</b> .....           | 186 |
| 7.3.1 常用的齿轮材料 .....               | 140 | 8.1 概述 .....                        | 187 |
| 7.3.2 齿轮材料的选择原则 .....             | 142 | 8.1.1 蜗杆传动的类型 .....                 | 187 |
| 7.4 齿轮传动的计算载荷 .....               | 144 | 8.1.2 蜗杆传动的特点 .....                 | 189 |
| 7.5 标准直齿圆柱齿轮传动的<br>强度计算 .....     | 150 | 8.1.3 普通圆柱蜗杆传动的<br>精度 .....         | 190 |
| 7.5.1 轮齿的受力分析 .....               | 150 | 8.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及<br>几何尺寸计算 .....  | 190 |
| 7.5.2 齿根弯曲疲劳强度<br>计算 .....        | 150 | 8.2.1 普通圆柱蜗杆传动的<br>主要参数及其选择 .....   | 190 |
| 7.5.3 齿面接触疲劳强度<br>计算 .....        | 152 | 8.2.2 普通圆柱蜗杆传动的<br>几何尺寸计算 .....     | 193 |
| 7.5.4 齿轮传动的强度计算<br>说明 .....       | 155 | 8.2.3 蜗杆传动的变位 .....                 | 194 |
| 7.6 齿轮传动的设计参数、许用应力与<br>精度选择 ..... | 156 | 8.3 圆柱蜗杆传动的失效形式、设计准则和<br>材料选择 ..... | 195 |
| 7.6.1 齿轮传动设计参数的<br>选择 .....       | 156 | 8.3.1 蜗杆传动的失效形式 .....               | 195 |
| 7.6.2 齿轮的许用应力 .....               | 157 | 8.3.2 蜗杆传动的设计准则 .....               | 195 |
| 7.6.3 齿轮精度的选择 .....               | 160 | 8.3.3 蜗杆传动的常用材料 .....               | 196 |
| 7.7 标准斜齿圆柱齿轮传动的<br>强度计算 .....     | 164 | 8.4 普通圆柱蜗杆传动承载<br>能力计算 .....        | 196 |
| 7.7.1 轮齿的受力分析 .....               | 164 | 8.4.1 蜗杆传动的受力分析 .....               | 196 |
| 7.7.2 计算载荷 .....                  | 165 |                                     |     |
| 7.7.3 齿根弯曲疲劳强度计算 .....            | 165 |                                     |     |

|                                       |     |                                      |     |
|---------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| 8.4.2 蜗杆传动强度计算 .....                  | 198 | <b>第 10 章 滑动轴承</b> .....             | 237 |
| 8.4.3 蜗杆传动刚度计算 .....                  | 201 | 10.1 概述 .....                        | 238 |
| 8.5 蜗杆传动的效率、相对滑动速度、<br>润滑及热平衡计算 ..... | 201 | 10.2 滑动轴承的结构、材料及<br>润滑 .....         | 239 |
| 8.5.1 蜗杆传动的效率 .....                   | 201 | 10.2.1 滑动轴承的类型和<br>结构 .....          | 239 |
| 8.5.2 蜗杆传动的相对滑动<br>速度 .....           | 202 | 10.2.2 滑动轴承的失效形式、常用<br>材料及轴瓦结构 ..... | 241 |
| 8.5.3 蜗杆传动的润滑 .....                   | 203 | 10.2.3 滑动轴承润滑剂的<br>选用 .....          | 249 |
| 8.5.4 蜗杆传动的热平衡<br>计算 .....            | 204 | 10.3 非液体摩擦滑动轴承的<br>设计计算 .....        | 251 |
| 8.6 圆柱蜗杆和蜗轮的结构 .....                  | 205 | 10.3.1 径向滑动轴承的<br>设计计算 .....         | 251 |
| 8.6.1 蜗杆的结构 .....                     | 205 | 10.3.2 止推滑动轴承的<br>设计计算 .....         | 252 |
| 8.6.2 蜗轮的结构 .....                     | 205 | 10.4 液体动力润滑径向滑动轴承的<br>设计计算 .....     | 254 |
| 本章小结 .....                            | 207 | 10.4.1 流体动力润滑的<br>基本方程 .....         | 254 |
| 习题 .....                              | 208 | 10.4.2 径向滑动轴承形成流体动力<br>润滑的过程 .....   | 256 |
| <b>第 4 篇 轴系零部件及弹簧设计</b> .....         | 211 | 10.4.3 径向滑动轴承的几何关系和<br>承载量系数 .....   | 257 |
| <b>第 9 章 轴的设计</b> .....               | 212 | 10.4.4 最小油膜厚度 .....                  | 259 |
| 9.1 概述 .....                          | 214 | 10.4.5 轴承的热平衡计算 .....                | 260 |
| 9.1.1 轴的功用和分类 .....                   | 214 | 10.4.6 参数选择 .....                    | 261 |
| 9.1.2 轴设计时应满足的要求 .....                | 215 | 本章小结 .....                           | 264 |
| 9.1.3 轴的材料 .....                      | 215 | 习题 .....                             | 264 |
| 9.2 轴的结构设计 .....                      | 216 | <b>第 11 章 滚动轴承</b> .....             | 266 |
| 9.2.1 拟订轴上零件的<br>装配方案 .....           | 216 | 11.1 概述 .....                        | 267 |
| 9.2.2 轴上零件轴向和<br>周向定位 .....           | 217 | 11.1.1 滚动轴承的基本构造 .....               | 267 |
| 9.2.3 各轴段直径和长度的<br>确定 .....           | 219 | 11.1.2 滚动轴承的材料 .....                 | 268 |
| 9.2.4 提高轴的强度的<br>常用措施 .....           | 219 | 11.2 滚动轴承的类型、代号和<br>选择 .....         | 269 |
| 9.2.5 结构工艺性要求 .....                   | 221 | 11.2.1 滚动轴承的类型 .....                 | 269 |
| 9.3 轴的工作能力计算 .....                    | 222 | 11.2.2 滚动轴承的性能和<br>特点 .....          | 269 |
| 9.3.1 轴的强度计算 .....                    | 222 | 11.2.3 滚动轴承的代号 .....                 | 273 |
| 9.3.2 轴的刚度计算 .....                    | 226 |                                      |     |
| 9.3.3 轴的振动稳定性计算 .....                 | 227 |                                      |     |
| 本章小结 .....                            | 235 |                                      |     |
| 习题 .....                              | 235 |                                      |     |

|                                  |     |                         |     |
|----------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 11.2.4 滚动轴承的类型选择                 | 276 | 12.2.1 联轴器的种类及特性        | 303 |
| 11.3 滚动轴承的工作情况                   | 278 | 12.2.2 联轴器的选择           | 312 |
| 11.3.1 滚动轴承的受力分析                 | 278 | 12.3 离合器                | 314 |
| 11.3.2 滚动轴承主要失效形式                | 279 | 12.3.1 离合器的种类及特性        | 314 |
| 11.3.3 计算准则                      | 280 | 12.3.2 离合器的选择           | 317 |
| 11.4 滚动轴承的校核计算                   | 280 | 本章小结                    | 318 |
| 11.4.1 滚动轴承的基本额定寿命               | 280 | 习题                      | 318 |
| 11.4.2 基本额定动负荷                   | 281 | <b>第 13 章 弹簧设计</b>      | 320 |
| 11.4.3 滚动轴承的寿命计算公式               | 281 | 13.1 概述                 | 321 |
| 11.4.4 滚动轴承的当量动负荷                | 283 | 13.1.1 弹簧的功用            | 321 |
| 11.4.5 角接触球轴承和圆锥滚子轴承的径向载荷与轴向载荷计算 | 284 | 13.1.2 弹簧的分类            | 322 |
| 11.4.6 滚动轴承的静强度计算                | 285 | 13.2 弹簧材料、许用应力和制造       | 322 |
| 11.5 滚动轴承的组合设计                   | 287 | 13.2.1 弹簧的材料及选择         | 322 |
| 11.5.1 滚动轴承的固定                   | 287 | 13.2.2 弹簧的许用应力          | 324 |
| 11.5.2 滚动轴承轴系支点固定的结构形式           | 288 | 13.2.3 弹簧的制造            | 324 |
| 11.5.3 轴承游隙和轴承组合位置的调整            | 290 | 13.3 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的结构与设计  | 325 |
| 11.5.4 提高轴系刚度的措施                 | 290 | 13.3.1 圆柱螺旋弹簧的结构        | 325 |
| 11.5.5 滚动轴承的配合和装拆                | 292 | 13.3.2 圆柱螺旋弹簧的几何参数计算    | 325 |
| 11.5.6 滚动轴承的润滑和密封                | 293 | 13.3.3 圆柱螺旋弹簧的特性曲线      | 327 |
| 本章小结                             | 300 | 13.3.4 圆柱螺旋弹簧受载时的应力和变形  | 328 |
| 习题                               | 300 | 13.3.5 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的设计计算 | 330 |
| <b>第 12 章 联轴器和离合器</b>            | 302 | 13.4 其他弹簧简介             | 331 |
| 12.1 概述                          | 303 | 13.4.1 圆柱螺旋扭转弹簧         | 331 |
| 12.2 联轴器                         | 303 | 13.4.2 蝶形弹簧             | 331 |
|                                  |     | 本章小结                    | 334 |
|                                  |     | 习题                      | 334 |
|                                  |     | <b>附录</b>               | 336 |
|                                  |     | <b>参考文献</b>             | 341 |

## 第1篇

# 机械设计总论

# 第○章

## 绪论



### 本章教学目标

1. 掌握机器的组成；
2. 掌握本门课程的研究对象、性质和学习方法。



### 本章教学要求

| 能力目标             | 知识要点              | 权重(%) | 自测分数 |
|------------------|-------------------|-------|------|
| 掌握机器的组成          | 机械是机器和机构的总称；机器的组成 | 30    |      |
| 掌握本门课程的研究对象及研究内容 | 本门课程的研究对象及研究内容    | 20    |      |
| 掌握本门课程的性质和任务     | 本门课程的性质和任务        | 25    |      |
| 掌握本门课程的学习方法      | 本门课程的学习方法         | 25    |      |



## 导入案例

据媒体报道介绍,中国自主设计研制的“神舟七号”载人飞船(图0.1)整体水平达到或优于国际上第三代即最新一代载人飞船的水平,并具有自身特色。“神舟”飞船由轨道舱、返回舱和推进舱三个舱构成,可容纳三名航天员,返回舱直径达2.5m,是目前世界上可利用空间最大的飞船。“神舟”飞船返回舱返回后,轨道舱可留在轨道上数月,继续进行空间科学探测和技术实验。通过“神舟”七号飞船的发射和飞行试验,中国将突破航天员出舱活动的重大关键技术,为下一步空间站的建设奠定技术基础。

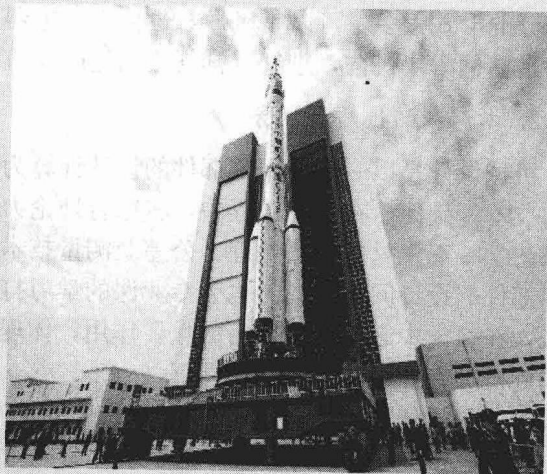


图0.1 长征-2F搭载“神州七号”载人飞船转运现场

机械设计是为了满足机器的某些特定功能要求而进行的创造过程,即应用新的原理或新的概念,开发创造出新的产品,或对现有机器的局部进行创造性的改革。设计能满足人们生产、生活的需要,具有市场竞争力的产品是机械设计的核心。

人类在生产实践过程中,创造出各种各样的机械设备,如金属切削机床、运输机、电动机、包装机、汽车和计算机等。人们利用这些机器,不仅可以减轻体力劳动,还可以提高生产效率。机器装备水平和自动化程度已成为反映当今社会生产力发展水平的重要标志。在现代化建设中,对机械的自动化、智能化要求越来越高,越来越迫切,这就对机械设计工作者提出了更新、更高的要求。随着国民经济的进一步发展,本课程在现代化建设中的地位 and 作用将显得更加重要。

### 1. 机器的组成

机械是机器和机构的总称。机器和机构的共性都是人为制造的构件组合体,并且都是能传递运动和动力的一种机械运动的装置。不同之处是机器还能用来变换或传递能量、物料和信息等。

生产和生活中的各种机械设备,尽管它们的用途和性能千差万别,但它们的基本构成都包括原动机、传动装置、执行机构和控制系统四部分。其中原动机、传动装置、执行机构是机械中的主体。

原动机是机械设备完成其工作任务的动力来源,包括电动机、内燃机、液压马达和气动机等,其中最常用的是各类电动机。电动机可以把电能转化成机械能,内燃机可把燃气的热能转换成机械能。

传动装置是按执行机构作业的特定要求,把原动机的运动和动力传递给执行机构。常用的各种减速器和变速装置,如齿轮减速器、蜗杆减速器和无级变速器等,均可作为传动装置。

执行机构也是工作部分, 直接完成机器的功能。如起重机和挖掘机中的起重吊运机构和挖掘机构。

控制系统是用来处理机器各组成部分之间及与外部其他机器之间的工作协调关系。控制部分的形式很多, 可以是机械, 也可以是电器、液力及计算机等。以内燃机为例, 主体机构是曲柄滑块机构, 进气、排气是通过凸轮机构实现的, 属于控制部分。

## 2. 本课程的性质和任务

机械设计是以一般通用零部件的设计计算为核心的一门设计性、综合性和实践性都很强的技术基础课。在这门课程中, 将综合理论力学、材料力学、机械制图、机械原理、金属工艺学、工程材料及热处理、公差及测量技术基础等多门课程的知识来解决一般通用机械零部件的设计问题, 同时也为专业课的学习打下基础, 它把基础课和专业课有机地结合起来, 在教学中起着承前启后的重要作用, 体现技术基础课的特有性质。机械设计是机械类和近机类专业中的一门主干课程。

本课程的任务如下。

(1) 培养正确的设计思想, 包括设计时应考虑节约能源、合理利用我国资源、减少环境污染、坚持可持续发展的原则。

(2) 掌握通用零部件的设计方法和一般规律, 具有确定机械系统方案、设计机械传动装置和简单机械的能力。

(3) 掌握一定的设计技能, 包括计算能力, 绘图能力和运用标准、规范、手册、图册及查阅有关技术资料的能力。

(4) 了解机械设计发展的最新动态。

## 3. 本课程的研究对象及研究内容

本课程是研究普通条件下, 一般参数的通用零部件的设计理论与设计方法, 即不包括高温、高压、高速, 尺寸过大、过小, 以及有特殊要求的零部件, 这些零部件和其他专用零件将在专业课中研究。所谓通用零部件实际是指各种机器都经常使用的零部件。常用的通用零部件包括齿轮、蜗杆、轴、轴承和联轴器等。机械零件中除通用零部件外还有专用零部件, 如发动机中的曲轴、汽轮机中的叶片。曲轴只在发动机中使用, 叶片也只在汽轮机中使用, 这些专用零部件都不是研究的对象。本课程只研究通用零部件。

本课程的研究内容是从承载能力出发, 考虑结构、工艺、维护等方面来解决通用零件的设计问题, 包括如何确定零件尺寸、如何选择材料、精度、表面质量及绘制零件图等。

## 4. 学习本课程应注意的问题

本课程的研究对象和性质决定了本课程的特点, 即内容本身的繁杂性, 主要体现本课程具有“三性”、“四多”的特点。“三性”是综合性、实践性、设计性; “四多”是指公式多、系数多、图表多、关系多等方面。因此, 本门课程的学习方法与以前的基础课有所不同, 归纳起来如下。

(1) 抓住课程体系, 掌握机械零部件设计的共性问题及一般思路。机械设计是以设计零件为线索, 标准件以选择型号为主, 然后进行适当的校核。在学习每一个零件时, 都要了解零件的工作原理、失效形式、材料选择、工作能力计算及结构设计, 内容虽然很多, 但都是为达到一个目的, 就是设计零件。

(2) 理论联系实际。机械设计是实践性、技术性较强的课程,其研究的对象是各种机械设备中的机械零部件,与工程实际联系紧密,因此在学习时应利用各种机会深入生产车间、实验室,注意观察实物和模型,增加对常用机构和通用机械零部件的感性认识。了解机械的工作条件和要求,做到理论知识与实践有机结合。

(3) 要综合运用先修课程的知识解决机械设计问题。机械设计是一门综合性较强的课程,在设计零件过程中要用到多门先修课的知识。例如,在轴的设计这一部分中,当对轴进行强度、刚度校核时,就要运用工程力学的知识。因此在学习本课程时,必须及时复习先修课的有关内容,做到融会贯通、综合运用。

(4) 要理解系数引入的意义。机械设计中,由于实际影响因素很复杂,而这些因素一般用系数来反映,所以,在公式中系数很多,应充分理解系数的物理意义、影响系数的因素及如何取值。

(5) 培养解决工程实际问题的能力。设计参数、经验公式和经验数据多因素、多方案的分析和选择,是解决工程实际问题中经常遇到的问题,也是学生在学习本课程中的难点。因此,在学习本课程时一定要尽快适应这种情况,按解决工程实际问题的思维方法,提高机械设计能力,特别是机械系统方案的设计能力和结构设计能力。

总之,学习本门课程要有一个适应、转变的过程。

## 本章小结

本章主要介绍了机器的组成和机械设计课程的研究对象、性质、内容及学习方法等。

# 第 1 章

# 机械设计概述



## 本章教学目标

1. 了解机械设计和机械零件设计的基本要求；
2. 掌握机械设计的一般程序；
3. 掌握机械零件常见失效形式和计算准则；
4. 掌握机械零件的设计方法与基本原则。



## 本章教学要求

| 能力目标               | 知识要点                            | 权重(%) | 自测分数 |
|--------------------|---------------------------------|-------|------|
| 了解机械设计和机械零件设计的基本要求 | 机械设计的基本要求；机械零件设计的基本要求           | 20    |      |
| 掌握机械设计的一般程序        | 机械设计的一般程序包括六个阶段                 | 20    |      |
| 掌握机械零件的主要失效形式与设计准则 | 机械零件的主要失效形式；机械零件的设计准则           | 30    |      |
| 掌握机械零件的设计方法与基本原则   | 机械零件的设计方法；机械零件的设计步骤；机械零件设计的基本原则 | 30    |      |

## 导入案例

机械设计是从市场需求出发,通过构思、计划和决策,确定机械产品的功能、原理方案、技术参数和结构等,并把设想变为现实的技术实践过程。

机械设计的特点主要表现在以下几个方面。

(1) 在设计中认知过程的渐变性。设计过程是一个由抽象到具体、由粗到精、逐步细化、反复修改、不断完善、精益求精的过程。

(2) 认知设计过程中以市场需求为导向的必要性。产品设计与制造的目的,是为了满足市场需求,因此,用户的满意程度是衡量产品优劣的主要指标。注重市场调查和预测,明确市场需求,确定新产品开发计划。

(3) 认知设计过程中设计管理的复杂性。对整个产品开发过程从需求分析、概念设计直到最终设计完成进行组织、协调和控制,并能对每一个阶段所需设备、工具、人员等进行调配、组织和管理。同时,产品开发创新程度、设计方法、可利用资源、组织结构、人员素质、开发经验、信息技术、协作与合作、异地设计等方面的影响,使得设计过程管理既重要又复杂。

(4) 认知设计过程中增强社会环境意识、建立可持续发展观念的必要性。产品开发过程中,对涉及的社会环境问题、资源的合理利用问题等要给予足够的重视。设计应能给社会环境带来效益而不是对社会环境造成不良影响,应能合理利用自然资源而不是浪费自然资源。

由设计过程的特点可看出,机械设计中值得重视的问题是:设计过程中的创新和优化问题,市场需求和产品成本问题,可持续发展问题等。

## 1.1 机械设计与机械零件设计的基本要求

### 1.1.1 机械设计的基本要求

#### 1. 实现预定的功能,满足使用要求

所谓功能是指用户提出的需要满足的使用上的特性和能力,是机械设计的最基本出发点。在机械设计过程中,设计者所设计的机械首先应实现功能的要求。为此,必须正确地选择机械的工作原理、机构的类型、拟订机械传动系统方案,并且所选的机构类型和拟订的机械传动系统方案,能满足运动和动力性能的要求。

#### 2. 可靠性和安全性的要求

机械的可靠性是指机械在规定的使用条件下、在规定的时间内完成规定功能的能力。安全可靠是机械的必备条件,为了满足这一要求,必须从机械系统的整体设计、零部件的结构设计、材料及热处理的选择、加工工艺的制定等方面加以保证。

#### 3. 市场需要和经济性的要求

在产品设计中,自始至终都应把产品设计、销售及制造三方面作为一个整体考虑。只

有设计与市场信息密切配合,在市场、设计、生产中寻求最佳关系,才能以最快的速度回收投资,获得满意的经济效益。

#### 4. 机械零部件结构设计的要求

机械设计的最终结果都是以一定的结构形式表现出来的,且各种计算都要以一定的结构为基础。所以,设计机械时,往往要事先选定某种结构形式,再通过各种计算得出结构尺寸,将这些结构尺寸和确定的几何形状绘制成零件工作图,最后按设计的工作图制造、装配成部件乃至整台机器,以满足机械的使用要求。

#### 5. 操作使用方便的要求

机器的工作和人的操作密切相关。在设计机器时必须注意操作要轻便省力、操作机构要适应人的生理条件、机器的噪声要小、有害介质的泄漏要少等。

#### 6. 工艺性及标准化、系列化、通用化的要求

机械及其零部件应具有良好的工艺性,即考虑零件的制造方便,加工精度及表面粗糙度适当,易于装拆。设计时,零部件和机器参数应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量,降低制造成本,并且使设计者将主要精力用在关键零部件的设计上。

### 1.1.2 机械零件设计的基本要求

#### 1. 强度要求

机械零件应满足强度要求,即防止它在工作中发生整体断裂或产生过大的塑性变形或出现疲劳点蚀。机械零件的强度要求是最基本的要求。

提高机械零件的强度是机械零件设计的核心之一,为此可以采用以下几项措施。

- (1) 采用强度高的材料。
- (2) 使零件的危险截面具有足够的尺寸。
- (3) 用热处理方法提高材料的力学性能。
- (4) 提高运动零件的制造精度,以降低工作时的动载荷。
- (5) 合理布置各零件在机器中的相互位置,减小作用在零件上的载荷等。

#### 2. 刚度要求

机械零件应满足刚度要求,即防止它在工作中产生的弹性变形超过允许的限度。通常只是当零件过大的弹性变形会影响机器的工作性能时,才需要满足刚度要求。一般对机床主轴、导轨等零件需作强度和刚度计算。

提高机械零件的刚度可以采用以下几项措施。

- (1) 增大零件的截面尺寸。
- (2) 缩短零件的支承跨距。
- (3) 采用多点支承结构等。

#### 3. 结构工艺性要求

机械零件应有良好的工艺性,即在一定的生产条件下,以最小劳动量、花最少加工费用制成能满足使用要求的零件,并能以最简单的方法在机器中进行装拆与维修。因此,零