



高等职业教育“十二五”规划教材

# 工程力学 与机械设计基础

唐剑兵 张 欢 郑向华 主编



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

# 工程力学与机械设计基础

唐剑兵 张 欢 郑向华 主编

李刚俊 曾宏达 主审

科学出版社

北京



## 内 容 简 介

本书为高职高专机械类和近机类专业“工程力学与机械设计基础”课程的配套教材。本书共 15 章,内容包括机械设计基础概述、结构的受力分析,机械零件工作能力计算的理论基础、润滑与密封、机构的组成和运动分析,常用机构的工作原理、性能、选用原则和设计计算;通用机械零部件的结构特点、工作原理、选用原则和设计计算方法;机械创新设计简介。每章后附有习题,供读者练习。

本书可以满足教学计划在 80~120 课时的教学需要,在教学时各专业可根据教学需求,对相关章节内容进行取舍。本书可供高职高专机械类及机电、测控、印刷、环保等近机类应用技术类专业的学生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程力学与机械设计基础/唐剑兵,张欢,郑向华主编. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-036118-9

(高等职业教育“十二五”规划教材)

I. ①工… II. ①唐…②张…③郑… III. ①工程力学-高等职业教育-教材②机械设计-高等职业教育-教材 IV. ①TB12②TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 286541 号

责任编辑:李太禄 艾冬冬 张文婷/责任校对:马英菊

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 6 月第一次印刷 印张:23

字数:540 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62135763-8711 (VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

“工程力学与机械设计基础”是高职、高专院校机械类和近机类专业的一门重要的技术基础课。随着教育教学改革的不断深入,教材也需要与时俱进、不断发展。本书根据人才培养目标的要求,从教学实际出发,重点放在了工程应用中的基本知识、分析问题的思路和解决问题的方法上,并通过一定量例题的细致讲解,力求达到学习者能较快地掌握该课程的主要知识点并能灵活运用之目的。本书中的“微位移机构”、“机械创新设计”内容,使学生在正确处理好知识的广度和深度,强调理论知识与工程实践的联系。

本书内容涵盖了理论力学、材料力学、机械原理和机械零件等课程的主要知识,并按照机械设计这条主线对课程的内容进行了整合、衔接,使其有机地串连起来,成为一门系统完整的综合课程。

参加本书编写的有成都工业学院唐剑兵(第1~3章、第11章、第15章)、陈黎丽(第4章、第12章、第14章)、郑向华(第6章、第13章)、王付军(第8章)、张欢(第9章)、重庆交通大学曾宏达(第5章)、西南交通大学刘晓红(第7章)、黄海凤(第10章)。唐剑兵教授在统稿过程中对全书进行了必要的补充和修改。成都工业学院李刚俊教授、曾宏达副教授审阅了全书,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参考了国内大量教材、手册,在此对有关作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。



# 目 录

## 前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 机械设计基础概论        | 1  |
| 1.1 概述                | 1  |
| 1.1.1 机器和机械           | 1  |
| 1.1.2 课程简介            | 4  |
| 1.2 机械设计的内容和基本要求      | 5  |
| 1.2.1 机械设计产生的历史背景及其含义 | 5  |
| 1.2.2 现代机械设计的特点       | 6  |
| 1.2.3 机械设计的基本要求       | 7  |
| 1.2.4 机械设计类型          | 8  |
| 1.2.5 机械设计的一般方法       | 9  |
| 1.2.6 机械设计的一般程序       | 10 |
| 1.3 机械零件的失效形式和设计准则    | 11 |
| 1.3.1 机械零件的失效形式       | 11 |
| 1.3.2 机械零件的设计准则       | 11 |
| 1.4 机械零件的材料选用         | 12 |
| 1.4.1 机械零件的工作、使用条件    | 13 |
| 1.4.2 材料选择的基本原则       | 13 |
| 1.5 机械零件的结构工艺性和标准化    | 14 |
| 1.5.1 机械零件的工艺性        | 14 |
| 1.5.2 机械设计中的标准化       | 17 |
| 习题                    | 18 |
| 第 2 章 结构的静力分析         | 20 |
| 2.1 静力分析基础            | 20 |
| 2.1.1 力的概念            | 20 |
| 2.1.2 静力学的基本公理        | 21 |
| 2.1.3 约束与约束反力         | 23 |
| 2.1.4 物体的受力分析与受力图     | 27 |
| 2.2 平面力系的简化与平衡        | 28 |
| 2.2.1 力系的分类和力系等效的概念   | 28 |
| 2.2.2 平面汇交力系的简化与平衡    | 28 |
| 2.3 力矩与平面力偶系          | 32 |
| 2.3.1 力矩的概念与计算        | 32 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.3.2 力偶及其性质 .....              | 33 |
| 2.3.3 平面力偶系的合成和平衡 .....         | 35 |
| 2.4 平面任意力系简化与平衡 .....           | 36 |
| 2.4.1 力的平移定理 .....              | 36 |
| 2.4.2 平面任意力系向平面内任意一点简化 .....    | 37 |
| 2.4.3 平面任意力系简化结果分析 .....        | 38 |
| 2.4.4 平面任意力系的平衡方程及应用 .....      | 38 |
| 2.4.5 静定与静不定问题 .....            | 41 |
| 2.4.6 物系的平衡 .....               | 41 |
| 2.5 空间力系简介 .....                | 42 |
| 2.5.1 力沿空间直角坐标轴的分解与投影 .....     | 43 |
| 2.5.2 力对轴之矩 .....               | 44 |
| 2.5.3 空间任意力系的平衡方程及应用 .....      | 44 |
| 2.6 滑动摩擦简介 .....                | 45 |
| 2.6.1 摩擦力 .....                 | 45 |
| 2.6.2 摩擦角和自锁现象 .....            | 47 |
| 2.6.3 考虑摩擦时物体的平衡问题 .....        | 48 |
| 习题 .....                        | 49 |
| 第3章 构件的变形及强度计算 .....            | 52 |
| 3.1 概述 .....                    | 52 |
| 3.1.1 基本要求 .....                | 52 |
| 3.1.2 变形固体的基本假设 .....           | 52 |
| 3.1.3 内力、截面法和应力 .....           | 53 |
| 3.1.4 杆件变形的基本形式 .....           | 53 |
| 3.2 构件的拉伸和压缩 .....              | 54 |
| 3.2.1 轴向拉伸和压缩的概念 .....          | 54 |
| 3.2.2 轴向拉伸和压缩时横截面的内力、应力计算 ..... | 55 |
| 3.2.3 轴向拉伸和压缩时的变形 .....         | 58 |
| 3.2.4 材料拉伸与压缩的力学性能及强度计算 .....   | 60 |
| 3.3 剪切与挤压 .....                 | 64 |
| 3.3.1 剪切的观念及剪切胡克定律 .....        | 64 |
| 3.3.2 挤压的观念及实用计算 .....          | 66 |
| 3.4 圆轴的扭转 .....                 | 68 |
| 3.4.1 扭转的观念 .....               | 68 |
| 3.4.2 圆轴扭转时横截面上的内力——扭矩 .....    | 69 |
| 3.4.3 圆轴扭转时横截面上的应力 .....        | 71 |
| 3.4.4 圆轴扭转时的强度和刚度计算 .....       | 72 |
| 3.5 直梁的弯曲 .....                 | 74 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 3.5.1 直梁平面弯曲的概念 .....        | 74         |
| 3.5.2 梁的计算简图 .....           | 74         |
| 3.5.3 梁横截面上的内力——剪力和弯矩 .....  | 75         |
| 3.5.4 平面弯曲时梁横截面上的正应力 .....   | 77         |
| 3.5.5 梁弯曲时的强度、刚度计算 .....     | 79         |
| 3.6 构件组合变形的强度计算 .....        | 81         |
| 3.7 交变应力作用下零件的疲劳强度 .....     | 82         |
| 3.7.1 交变应力及其特征 .....         | 82         |
| 3.7.2 疲劳破坏与材料的持久极限 .....     | 83         |
| 3.7.3 交变应力作用下零件的强度计算 .....   | 84         |
| 习题 .....                     | 84         |
| <b>第4章 机构的自由度及运动分析</b> ..... | <b>88</b>  |
| 4.1 机构的组成 .....              | 88         |
| 4.1.1 构件 .....               | 88         |
| 4.1.2 运动副 .....              | 88         |
| 4.1.3 运动链与机构 .....           | 90         |
| 4.2 平面机构运动简图 .....           | 90         |
| 4.2.1 运动副及构件的表达 .....        | 91         |
| 4.2.2 绘制平面机构运动简图 .....       | 92         |
| 4.3 平面机构的自由度 .....           | 93         |
| 4.3.1 平面机构的自由度 .....         | 93         |
| 4.3.2 机构具有确定运动的条件 .....      | 94         |
| 4.3.3 计算机构自由度的注意事项 .....     | 95         |
| 4.4 平面机构的运动分析 .....          | 97         |
| 4.4.1 点的运动 .....             | 97         |
| 4.4.2 刚体的运动 .....            | 99         |
| 4.4.3 速度瞬心 .....             | 103        |
| 习题 .....                     | 105        |
| <b>第5章 机械的润滑和密封</b> .....    | <b>107</b> |
| 5.1 润滑的作用和常用润滑剂 .....        | 107        |
| 5.1.1 润滑的作用 .....            | 107        |
| 5.1.2 润滑剂 .....              | 108        |
| 5.2 润滑方式的选取和润滑装置 .....       | 113        |
| 5.3 常用传动装置的润滑 .....          | 115        |
| 5.3.1 滑动轴承的润滑 .....          | 115        |
| 5.3.2 滚动轴承的润滑 .....          | 116        |
| 5.3.3 齿轮传动的润滑 .....          | 116        |
| 5.4 密封方式及密封装置 .....          | 117        |



|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 5.4.1 | 概述            | 117 |
| 5.4.2 | 静密封           | 118 |
| 5.4.3 | 动密封           | 119 |
|       | 习题            | 121 |
| 第6章   | 机械联接          | 122 |
| 6.1   | 键联接           | 122 |
| 6.1.1 | 键联接的类型        | 122 |
| 6.1.2 | 键的选择          | 124 |
| 6.1.3 | 花键联接          | 125 |
| 6.2   | 销联接           | 127 |
| 6.3   | 螺纹联接          | 127 |
| 6.4   | 轴间联接          | 132 |
| 6.4.1 | 联轴器           | 133 |
| 6.4.2 | 离合器           | 136 |
| 6.5   | 不可拆卸联接        | 138 |
| 6.5.1 | 焊接            | 138 |
| 6.5.2 | 胶接            | 139 |
| 6.5.3 | 铆接            | 141 |
|       | 习题            | 141 |
| 第7章   | 轴和轴承          | 144 |
| 7.1   | 轴的概述          | 144 |
| 7.1.1 | 轴的分类          | 144 |
| 7.1.2 | 轴的材料及其选择      | 145 |
| 7.2   | 轴的结构设计        | 146 |
| 7.2.1 | 拟定轴上零件的装配方案   | 146 |
| 7.2.2 | 轴上零件的定位       | 147 |
| 7.2.3 | 各轴段直径和长度的确定   | 149 |
| 7.2.4 | 提高轴的强度的常用措施   | 150 |
| 7.2.5 | 轴的结构工艺性       | 151 |
| 7.3   | 轴的强度计算        | 152 |
| 7.3.1 | 按扭转强度条件计算     | 152 |
| 7.3.2 | 按弯扭合成强度条件计算   | 152 |
| 7.3.3 | 轴的设计步骤        | 153 |
| 7.4   | 滚动轴承          | 157 |
| 7.4.1 | 滚动轴承的构造、类型和特点 | 157 |
| 7.4.2 | 滚动轴承的代号及类型选择  | 160 |
| 7.5   | 滚动轴承的组合结构设计   | 163 |
| 7.5.1 | 轴承的配置         | 163 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 7.5.2 轴向位置的调整 .....             | 164        |
| 7.5.3 提高轴承系统的刚度和同轴度 .....       | 164        |
| 7.5.4 配合和装拆 .....               | 166        |
| 7.6 滑动轴承 .....                  | 166        |
| 7.6.1 径向滑动轴承 .....              | 167        |
| 7.6.2 止推滑动轴承 .....              | 167        |
| 习题 .....                        | 168        |
| <b>第8章 挠性传动</b> .....           | <b>170</b> |
| 8.1 带传动 .....                   | 170        |
| 8.1.1 带传动的组成及应用 .....           | 170        |
| 8.1.2 V带轮的设计 .....              | 173        |
| 8.1.3 带传动的工作情况分析 .....          | 177        |
| 8.1.4 普通V带传动设计计算 .....          | 180        |
| 8.1.5 V带传动的张紧和维护 .....          | 186        |
| 8.2 链传动 .....                   | 187        |
| 8.2.1 链传动的组成及应用 .....           | 187        |
| 8.2.2 滚子链和链轮 .....              | 189        |
| 8.2.3 链传动的布置、张紧和维护 .....        | 192        |
| 习题 .....                        | 194        |
| <b>第9章 齿轮传动</b> .....           | <b>196</b> |
| 9.1 齿轮传动的特点和类型 .....            | 196        |
| 9.1.1 齿轮传动的特点 .....             | 196        |
| 9.1.2 齿轮传动的类型 .....             | 196        |
| 9.1.3 齿廓啮合基本定律 .....            | 197        |
| 9.2 渐开线齿廓 .....                 | 198        |
| 9.2.1 渐开线的形成及其特性 .....          | 198        |
| 9.2.2 渐开线齿廓的啮合特性 .....          | 199        |
| 9.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸 ..... | 200        |
| 9.3.1 渐开线齿轮各部分的名称、定义 .....      | 200        |
| 9.3.2 渐开线齿轮的基本参数 .....          | 201        |
| 9.4 渐开线直齿圆柱齿轮传动的性质 .....        | 203        |
| 9.4.1 一对渐开线齿轮的正确啮合条件 .....      | 203        |
| 9.4.2 齿轮传动连续性的条件 .....          | 203        |
| 9.4.3 齿轮传动的无侧隙啮合条件及标准中心距 .....  | 204        |
| 9.5 渐开线齿轮的加工方法及根切现象 .....       | 206        |
| 9.5.1 齿轮轮齿的加工方法 .....           | 206        |
| 9.5.2 渐开线齿廓的根切现象与最少齿数 .....     | 207        |
| 9.6 轮齿的失效和齿轮的材料 .....           | 208        |

|        |                    |     |
|--------|--------------------|-----|
| 9.6.1  | 轮齿的失效形式            | 208 |
| 9.6.2  | 设计准则               | 210 |
| 9.6.3  | 齿轮的材料及热处理          | 210 |
| 9.7    | 标准直齿圆柱齿轮传动的设计      | 213 |
| 9.7.1  | 齿轮强度计算理论           | 213 |
| 9.7.2  | 轮齿的受力分析            | 213 |
| 9.7.3  | 轮齿的计算载荷            | 214 |
| 9.7.4  | 齿面接触疲劳强度计算         | 214 |
| 9.7.5  | 齿根弯曲疲劳强度计算         | 216 |
| 9.7.6  | 齿轮传动的许用应力          | 217 |
| 9.7.7  | 齿轮的主要参数选择          | 221 |
| 9.7.8  | 齿轮精度等级的选择          | 222 |
| 9.7.9  | 圆柱齿轮的结构与润滑         | 223 |
| 9.8    | 平行轴斜齿圆柱齿轮传动        | 228 |
| 9.8.1  | 斜齿轮齿廓曲面的形成及其啮合特点   | 228 |
| 9.8.2  | 斜齿圆柱齿轮的几何参数及几何尺寸计算 | 229 |
| 9.8.3  | 斜齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件    | 232 |
| 9.8.4  | 斜齿圆柱齿轮的当量齿数        | 233 |
| 9.8.5  | 斜齿圆柱齿轮的受力分析        | 233 |
| 9.8.6  | 斜齿圆柱齿轮的强度计算        | 234 |
| 9.9    | 圆锥齿轮传动简介           | 238 |
| 9.9.1  | 锥齿轮传动的特点和应用        | 238 |
| 9.9.2  | 直齿圆锥齿轮基本参数及几何尺寸    | 238 |
| 9.10   | 蜗杆传动               | 239 |
| 9.10.1 | 蜗杆传动的类型和特点         | 240 |
| 9.10.2 | 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸   | 241 |
| 9.10.3 | 蜗杆传动的失效形式、材料、结构和精度 | 245 |
| 9.10.4 | 蜗杆传动的计算            | 249 |
|        | 习题                 | 252 |
| 第10章   | 齿轮系                | 255 |
| 10.1   | 齿轮系的分类             | 255 |
| 10.2   | 定轴齿轮系的传动比          | 256 |
| 10.3   | 行星齿轮系的传动比          | 258 |
| 10.4   | 组合齿轮系的传动比          | 260 |
| 10.5   | 齿轮系的应用             | 261 |
|        | 习题                 | 262 |
| 第11章   | 常用机构及运动分析          | 265 |
| 11.1   | 平面连杆机构             | 265 |



|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| 11.1.1 | 平面四杆机构的特点及应用   | 265 |
| 11.1.2 | 平面四杆机构的运动特性    | 270 |
| 11.1.3 | 平面四杆机构的传力特性    | 274 |
| 11.1.4 | 平面四杆机构的设计      | 277 |
| 11.2   | 凸轮机构           | 279 |
| 11.2.1 | 凸轮机构的组成、特点与分类  | 280 |
| 11.2.2 | 凸轮机构的运动特性      | 282 |
| 11.2.3 | 凸轮机构的传力特性      | 288 |
| 11.2.4 | 图解法设计凸轮轮廓      | 289 |
| 11.2.5 | 凸轮工作轮廓的校核      | 292 |
| 11.3   | 螺旋机构           | 294 |
| 11.3.1 | 螺旋传动的类型        | 294 |
| 11.3.2 | 螺旋传动机构的工作原理    | 295 |
| 11.3.3 | 螺旋传动机构的结构及材料   | 297 |
|        | 习题             | 298 |
| 第 12 章 | 其他常用机构         | 301 |
| 12.1   | 间歇运动机构         | 301 |
| 12.1.1 | 棘轮机构           | 301 |
| 12.1.2 | 槽轮机构           | 305 |
| 12.1.3 | 不完全齿轮机构        | 307 |
| 12.2   | 微位移机构          | 308 |
| 12.2.1 | 机械式微位移机构       | 309 |
| 12.2.2 | 热变形和弹性变形式微位移机构 | 311 |
| 12.2.3 | 压电元件式微位移机构     | 312 |
|        | 习题             | 313 |
| 第 13 章 | 支承及导轨          | 314 |
| 13.1   | 支承             | 314 |
| 13.1.1 | 圆柱支承           | 315 |
| 13.1.2 | 轴尖支承、刀支承       | 316 |
| 13.1.3 | 弹性支承、电磁支承      | 318 |
| 13.2   | 导轨             | 319 |
| 13.2.1 | 滑动导轨           | 320 |
| 13.2.2 | 滚动导轨           | 325 |
| 13.2.3 | 静压导轨           | 327 |
| 13.3   | 箱体             | 327 |
|        | 习题             | 330 |
| 第 14 章 | 弹性元件           | 331 |
| 14.1   | 弹簧的功用与类型       | 331 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 14.1.1 弹簧的用途 .....           | 331 |
| 14.1.2 弹簧的分类 .....           | 331 |
| 14.2 圆柱螺旋弹簧 .....            | 332 |
| 14.2.1 圆柱螺旋弹簧的结构 .....       | 332 |
| 14.2.2 圆柱螺旋弹簧的设计计算 .....     | 332 |
| 习题 .....                     | 340 |
| <b>第 15 章 机械创新设计简介</b> ..... | 341 |
| 15.1 机械创新设计的基本原理 .....       | 341 |
| 15.1.1 创新的概念 .....           | 341 |
| 15.1.2 机械创新设计的特点 .....       | 342 |
| 15.1.3 机械创新设计的分类 .....       | 343 |
| 15.1.4 常用创新技法 .....          | 343 |
| 15.2 机构组合与创新 .....           | 345 |
| 15.3 机构演化与创新 .....           | 346 |
| 15.3.1 改变构件的结构尺寸和运动性质 .....  | 346 |
| 15.3.2 机构的机架变换 .....         | 348 |
| 15.4 机械运动方案与创新设计 .....       | 349 |
| <b>主要参考文献</b> .....          | 356 |

# 第 1 章 机械设计基础概论

## [教学目标]

通过本章学习,要求掌握机器、机构、零件、构件等基本概念;掌握机械设计的基本要求和方法,机械零件的设计准则、材料选择的基本原则,机械零件的失效形式;了解机械的类型、机器的功能组成和机械设计的过程;了解机械零件的结构工艺性和设计的标准化要求。

## [教学提示]

本章的重点和难点:

1. 机构与机器的结构特征、基本概念。
2. 机械设计的基本要求和常用方法。
3. 强度、刚度、可靠性的基本概念。
4. 机械零件的失效形式。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 机器和机械

回顾机械的发展历史,人类从使用简单工具到今天能够设计和制造类型繁多、功能各异的机械装置,从杠杆、斜面、滑轮到起重机、内燃机、电动机、加工机械、运输机械、印刷机械、食品机械、机械手、机器人等经历了漫长的过程。这些都说明了机械的进步,标志着生产力不断向前发展。机械的发展程度无疑是国家工业水平的重要标志之一。

#### 1. 机构

机构是人为的实物组合,其各个部分之间具有确定的相对运动,可以用来传递和转换运动。机构按运动传递特征可分为连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、螺旋机构、间歇机构等;按运动性质可分为平面机构和空间机构。

#### 2. 机器

机器是根据某种使用要求而设计的一种执行机械运动的装置。主要用来代替或减轻人类的劳动强度,改善劳动条件,提高劳动生产率。

机器是由机构组成的。简单的机器,可能只含有一个机构,如空气压缩机只含有一个连杆机构,但一般机器都含有多个机构。机器中的单个机构不具有转换能量或完成有用功的功能。例如,连杆机构、凸轮机构和齿轮机构再加上火花塞和燃气系统,才形成了内燃机。内燃机具有转换机械能的功能,而其中的各个机构只起到转换运动的作用。



### 1) 机器的组成

机器的种类繁多,性能、构造、工作原理、用途各异,所以有必要从各类机器的共同特征出发,剖析其结构、研究其组成原理,以达到掌握、运用的目的。通常一台完整的机器包括以下几个基本部分。

(1) 动力部分:其功能是将其他形式的能量转换为机械能(如内燃机和电动机分别将热能和电能转换为机械能)。动力部分是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。

(2) 工作部分(或执行部分):其功能是利用机械能去转换或传递能量、物料、信号。如发电机把机械能转换成为电能、轧钢机变换物料的外形等。

(3) 传动部分:其功能是把原动机的运动形式、运动和动力参数转变为工作部分所需的运动形式、运动和动力参数。

(4) 控制部分:其功能是控制机器各部分的运动。

### 2) 机器的特征

机器是由各种机构组合而成的,机器的种类有很多,它们的结构、性能及用途等也各不相同。但是,总的来说机器具有以下共同特征:

(1) 机器是由人为制造的实物所组成的。

(2) 各实体之间依次构成可动联接,并能实现确定的相对运动。

(3) 在工作时能实现能量转换或做有效的机械功。

机构关注的是各实体之间的运动关系,而不注重实体的形状尺寸,它只具备机器的前两个特征。

### 3. 机械

要研究机械,首先要了解几个基本概念。

(1) 零件:机械制造的最小单元。机械中的零件分为两类:通用零件和专用零件。通用零件是指在各类机器中经常用到的尺寸一般、使用频率高、普通工作环境下的零件,如螺栓、轴、齿轮等;专用零件只出现在某些机械中,如曲轴、活塞、叶轮等。

(2) 构件:机械运动的最小单元。构件按其运动特性可分为固定构件(或机架)、原动件和从动件三大类。

固定构件是支承活动构件的构件。所谓固定是相对的,如果设备安装在地基或固定设备上,其机架相对地面则是固定的;如果安装在其他运动的设备上,机架相对于运动设备则是固定的,而相对于地面是运动的。在研究活动构件的运动时,通常以机架作为参考坐标系。

原动件和从动件又统称活动构件;与机架相连的构件又称连架件。如图 1.1 所示的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3~5、螺栓 6、螺母、开口销等组成的运动构件。

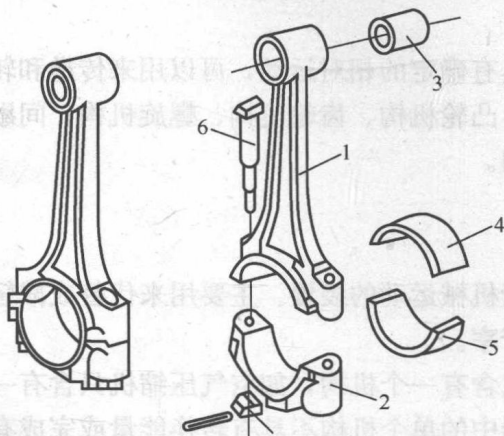


图 1.1 连杆简图

1—连杆体; 2—连杆盖; 3~5—轴瓦; 6—螺栓

而曲轴是只有一个零件组成的构件。

一个构件可以由一个零件构成，也可以由若干个零件刚性联接而成。构件只需要位置尺寸即可完整描述，而零件还需要形状尺寸才能确定。

(3) 部件：装配的最小单元，如减速器、离合器、滚动轴承等。

(4) 机械：机器和机构的总称为机械。机械按用途可分为加工机械、化工机械、食品机械、办公机械、运输机械等多种类型。如图 1.2 所示是用于自动线上的机械手。由凸轮控制抓取工件坯料、送达到加工位置，放下工件进行加工，然后回复到取料位置进行下一个工件的取料，这样不断循环进行，在这个机器中用到的齿轮、连杆、凸轮、弹簧等机构将在以后的章节做介绍。

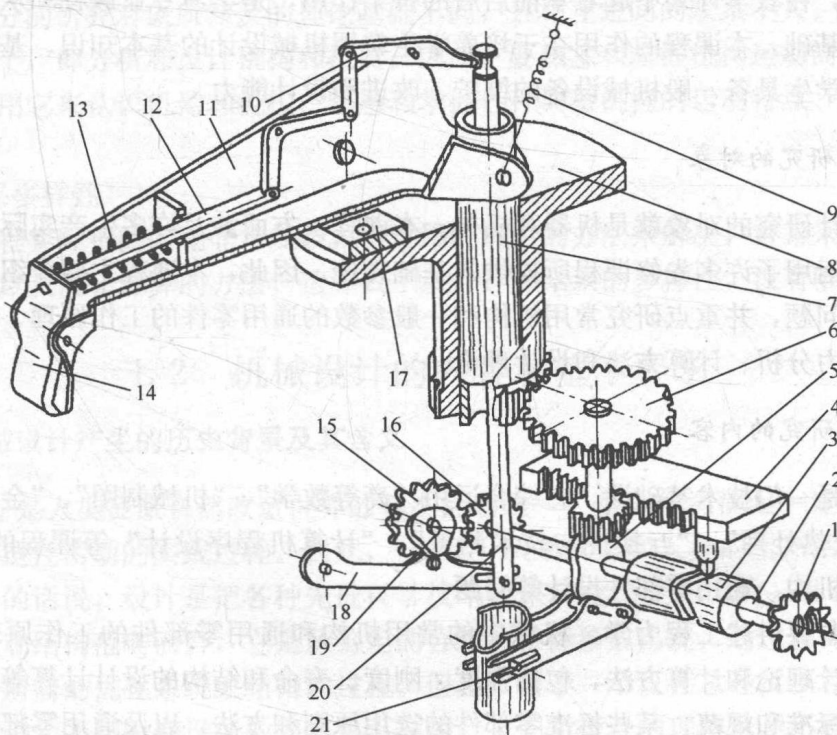


图 1.2 凸轮控制机械手

- 1—链轮；2—分配轴；3—圆柱凸轮；4—齿条；5—平面凸轮；6—齿轮；7—圆筒；8—轴套；  
9、13—弹簧；10—杠；11—手臂；12—杠杆；14—活动手指；15、16—齿轮；  
17—支承座；18、21—从动杠杆；19—凸轮；20—圆柱杆

#### 4. 现代机械

现代机械是“由计算机信息网络协调与控制的，用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和（或）机电部件相互联系的系统”。这是 1984 年美国机械工程师协会对现代机械的描述。这个定义突出了计算机在现代机器中的协调控制的核心作用，同时也强调了现代机器的主要功能仍然是执行机械运动，完成有用功和能量的转换。

与传统的机械相比，现代机械已经成为一个以机械技术为基础，电子技术、计算机

技术为核心的高新技术综合系统,在产品的工作原理、结构和设计方法等方面都发生了深刻的变化。

目前,以机电一体化产品为代表,现代机械已经有了广泛的应用,如计算机控制的数控机床、机器人等。

### 1.1.2 课程简介

#### 1. 课程的地位和作用

“工程力学与机械设计基础”课程是一门机械类、机电类以及近机类专业必修的技术基础课程,在教学计划中起着承前启后的桥梁作用,是学习专业课程和从事机械产品设计的必备基础。本课程的作用在于培养学生掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,使学生具备一般机械设备的维护、改进和设计能力。

#### 2. 课程研究的对象

机械设计研究的对象就是机器和机构。本课程一方面涉及许多生产实际知识,另一方面又综合运用了许多先修课程所提供的基础理论。因此,本课程主要介绍机械设计中的基本共性问题,并重点研究常用机构和一般参数的通用零件的工作原理、结构特点以及基本的受力分析、计算方法和设计理论。

#### 3. 课程研究的内容

本课程是一门技术基础课。它综合运用“高等数学”、“机械制图”、“金属工艺学”、“金属材料及热处理”、“互换性与技术测量”、“计算机程序设计”等课程的基本知识,来解决常用机构、通用零部件设计等问题。

本课程主要讲述工程力学、机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、结构特点,基本设计理论和计算方法,包括强度、刚度、寿命和结构的设计计算等。同时扼要地介绍国家标准和规范,某些标准零部件的选用原则和方法,以及通用零部件的一般使用及维护知识。总之,本课程主要是讲述与常用机构和通用零部件设计有关的内容。

#### 4. 课程的学习任务

本课程的主要任务是通过课堂学习、习题、课程设计和课程实验、实训等教学环节,学生达到如下的学习目标:

(1) 掌握工程力学、机械零件工作能力计算的基础理论知识。

(2) 掌握机构的结构特点、工作原理,初步具有分析和设计常用机构的能力;对机械动力学的某些基本知识有所了解。

(3) 掌握通用机械零件的工作原理、结构特点、设计计算等基本知识。

(4) 初步具备一般简单机械的维护、改进和设计能力。

(5) 具有运用标准、规范、手册以及查阅有关技术资料的能力。

(6) 获得本学科实验技能的初步训练。



### 5. 课程的特点和学习方法

本课程的特点是具有较强的理论性、综合性和实践性,因此在学习方法上必须有所转变,应注意以下几点。

#### 1) 图形较多

因为涉及工程中的许多问题,需要用图形来分析、计算物体的机械运动,或者表示机械的原理、结构,所以本课程的图形较多。在学习的时候,要注意结合图形归纳和总结概念,加深对公式的理解和对符号的记忆。

#### 2) 系统性不强

不同部分的研究对象所涉及的理论基础不同,且相互之间的联系不大,但是最终的目的只有一个,即分析和设计机构和机器。因此,要熟悉和掌握机构运动简图的绘制方法,习惯于用它来认识机器和机构;熟悉和掌握各种典型机构的运动特点、分析方法和设计方法。

#### 3) 结果多样性

由于工程实际中的问题非常复杂,很难用纯理论的方法来解决,常常采用一些经验公式、数据以及简化计算的方法,这导致了设计计算结果的多样性,没有唯一的答案。

## 1.2 机械设计的内容和基本要求

### 1.2.1 机械设计产生的历史背景及其含义

“设计”是人类征服自然改造世界的基本活动之一,是人们为满足一定的需求而进行的一种创造性活动的实践过程。因此,“设计”从来就是和人类的生产活动紧密相连的。用通俗的话说,设计是把各种先进科学技术成果转化为生产力的一种手段和方法,就机械系统和结构范畴而言,它是从给定的合理的目标参数出发,通过各种方法和手段创造出一个所需的优化系统或结构的过程。但是,由于一个设计总是反映着当时的生产力和技术水平,不同时期设计的内容是不同的,人们对设计的理解也是不同的。

最早的设计是由经验丰富、技术熟练的手工艺人进行的,这种设计只存在于手工艺人的头脑中,产品也是比较简单的。随着生产的发展,需要更多、更好、更复杂的产品,因而促使手工艺人必须联合起来,互相协作,于是出现了图纸,从而开始按图纸制造产品。通过图纸,既可满足许多人同时参加制造的需要,又使手工艺人的经验和知识被记录并流传下来,还可用图纸对产品进行分析和改进,推动设计工作向前发展,从而使设计工作具有了相对独立的性质。

到了20世纪后期,由于科学技术的发展,设计工作所需的理论基础有了进步,特别是电子计算机技术的发展,对设计工作产生了很大促进作用,提出了设计现代化的需求。

此外,当前对产品的设计已不能仅考虑产品本身,还要考虑系统和环境的影响;不仅涉及技术领域,还涉及社会因素;不仅要顾及眼前,还须顾及今后。例如,汽车设计不仅要考虑其本身的有关技术问题,还须考虑使用者的安全、舒适、操作方便,以及燃