

# 目 录

## 第 16 篇 齿 轮 传 动

### 第 1 章 概 述

|                     |      |
|---------------------|------|
| 1 齿轮传动的分类和特点 .....  | 16-3 |
| 1.1 分类 .....        | 16-3 |
| 1.2 特点 .....        | 16-3 |
| 2 齿轮传动类型选择的原则 ..... | 16-3 |
| 3 常用符号 .....        | 16-4 |

### 第 2 章 渐开线圆柱齿轮传动

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 1 渐开线圆柱齿轮基本齿廓和模数系列 ..           | 16-10 |
| 2 渐开线圆柱齿轮的齿形修缘 .....            | 16-11 |
| 3 圆柱齿轮传动几何尺寸计算 .....            | 16-11 |
| 3.1 圆柱齿轮传动几何尺寸计算<br>公式 .....    | 16-11 |
| 3.2 变位齿轮的变位系数 .....             | 16-21 |
| 3.2.1 外啮合齿轮变位系数的选择 ..           | 16-21 |
| 3.2.2 内啮合齿轮的干涉及变位系数<br>选择 ..... | 16-23 |
| 3.3 重合度 $\epsilon$ 的计算 .....    | 16-28 |
| 3.3.1 计算公式 .....                | 16-28 |
| 3.3.2 计算线图 .....                | 16-28 |
| 4 渐开线圆柱齿轮齿厚的测量与计算 .....         | 16-29 |
| 4.1 齿厚的测量方法 .....               | 16-29 |
| 4.2 公法线长度 .....                 | 16-30 |
| 4.2.1 公法线长度计算公式 .....           | 16-30 |
| 4.2.2 公法线长度数值表 .....            | 16-31 |
| 4.3 分度圆弦齿厚 .....                | 16-36 |
| 4.3.1 分度圆弦齿厚计算公式 .....          | 16-36 |
| 4.3.2 分度圆弦齿厚数值表 .....           | 16-36 |
| 4.4 固定弦齿厚 .....                 | 16-36 |
| 4.4.1 固定弦齿厚计算公式 .....           | 16-36 |
| 4.4.2 固定弦齿厚数值表 .....            | 16-36 |
| 4.5 跨球(圆柱)尺寸 .....              | 16-41 |
| 4.5.1 跨球(圆柱)尺寸计算公式 ..           | 16-41 |
| 4.5.2 跨球(圆柱)尺寸数值表 .....         | 16-41 |

|                                                             |       |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| 5 渐开线圆柱齿轮传动的设计计算 .....                                      | 16-42 |
| 5.1 圆柱齿轮传动的作用力计算 .....                                      | 16-42 |
| 5.2 主要参数的选择 .....                                           | 16-43 |
| 5.3 主要尺寸的初步确定 .....                                         | 16-43 |
| 5.4 齿面接触疲劳强度与齿根弯曲疲劳<br>强度校核计算 .....                         | 16-44 |
| 5.4.1 计算公式 .....                                            | 16-44 |
| 5.4.2 计算中的有关数据及各系数的<br>确定 .....                             | 16-45 |
| 5.5 齿轮静强度校核计算 .....                                         | 16-56 |
| 5.6 胶合承载能力校核计算 .....                                        | 16-57 |
| 5.6.1 计算公式 .....                                            | 16-57 |
| 5.6.2 计算中的有关数据及各系数的<br>确定 .....                             | 16-58 |
| 5.7 开式齿轮传动的计算特点 .....                                       | 16-61 |
| 6 齿轮的材料 .....                                               | 16-62 |
| 7 圆柱齿轮的结构 .....                                             | 16-66 |
| 8 渐开线圆柱齿轮精度 .....                                           | 16-70 |
| 8.1 说明 .....                                                | 16-70 |
| 8.2 渐开线圆柱齿轮精度 (GB/T 10095—<br>1988) .....                   | 16-70 |
| 8.2.1 误差的定义和代号 .....                                        | 16-70 |
| 8.2.2 精度等级及其选择 .....                                        | 16-72 |
| 8.2.3 侧隙 .....                                              | 16-74 |
| 8.2.4 推荐的检验项目 .....                                         | 16-82 |
| 8.2.5 图样标注 .....                                            | 16-82 |
| 8.2.6 齿轮精度数值表 .....                                         | 16-82 |
| 8.2.7 误差的有关关系式 .....                                        | 16-85 |
| 8.3 渐开线圆柱齿轮精度 (GB/T 10095—<br>2001 及 GB/Z 18620—2002) ..... | 16-85 |
| 8.3.1 误差的定义和代号 .....                                        | 16-85 |
| 8.3.2 精度等级及其选择 .....                                        | 16-89 |
| 8.3.3 齿厚 .....                                              | 16-90 |
| 8.3.4 侧隙 .....                                              | 16-90 |
| 8.3.5 推荐检验项目 .....                                          | 16-91 |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 8.3.6 图样标注 .....              | 16-91  |
| 8.3.7 齿轮精度数值表 .....           | 16-91  |
| 8.3.8 齿轮精度公差计算式及使用说明 .....    | 16-103 |
| 8.4 齿轮坯的精度 .....              | 16-103 |
| 8.4.1 基准轴线及其确定方法 .....        | 16-104 |
| 8.4.2 基准面与安装面的形状公差和跳动公差 ..... | 16-104 |
| 8.5 齿面粗糙度 .....               | 16-105 |
| 8.6 新旧标准对照 .....              | 16-106 |
| 9 渐开线圆柱齿轮传动设计计算实例及零件工作图 ..... | 16-107 |
| 9.1 设计实例 .....                | 16-107 |
| 9.2 圆柱齿轮工作图 .....             | 16-110 |

### 第3章 圆弧齿轮传动

|                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| 1 圆弧齿轮传动的类型、特点和应用 .....                   | 16-115 |
| 1.1 单圆弧齿轮传动 .....                         | 16-115 |
| 1.2 双圆弧齿轮传动 .....                         | 16-116 |
| 2 圆弧齿轮传动的啮合特性 .....                       | 16-117 |
| 2.1 单圆弧齿轮传动的啮合特性 .....                    | 16-117 |
| 2.2 双圆弧齿轮传动的啮合特性 .....                    | 16-117 |
| 2.2.1 同一工作齿面上两个同时接触点间的轴向距离 $q_{TA}$ ..... | 16-117 |
| 2.2.2 多点啮合系数 .....                        | 16-118 |
| 2.2.3 多对齿啮合系数 .....                       | 16-118 |
| 2.2.4 齿宽 $b$ 的确定 .....                    | 16-118 |
| 3 圆弧齿轮的基本齿廓及模数系列 .....                    | 16-119 |
| 3.1 单圆弧齿轮的基本齿廓 .....                      | 16-119 |
| 3.2 双圆弧齿轮的基本齿廓 (摘自 GB/T 12759-1991) ..... | 16-119 |
| 3.3 圆弧齿轮的模数系列 .....                       | 16-120 |
| 4 圆弧齿轮传动的几何尺寸计算 .....                     | 16-120 |
| 5 圆弧齿轮传动基本参数的选择 .....                     | 16-122 |
| 5.1 齿数 $z$ 和模数 $m_n$ .....                | 16-123 |
| 5.2 重合度 $\varepsilon_\beta$ .....         | 16-123 |
| 5.3 螺旋角 $\beta$ .....                     | 16-123 |
| 5.4 齿宽系数 $\phi_d$ 、 $\phi_s$ .....        | 16-123 |
| 6 圆弧齿轮的强度计算 .....                         | 16-123 |
| 6.1 圆弧齿轮传动的强度计算公式 .....                   | 16-124 |
| 6.2 各参数符号的意义及各系数的确定 .....                 | 16-124 |
| 7 圆弧圆柱齿轮精度 (摘自 GB/T 15753-1995) .....     | 16-131 |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 7.1 误差的定义和代号 .....         | 16-131 |
| 7.2 精度等级及其选择 .....         | 16-133 |
| 7.3 侧隙 .....               | 16-134 |
| 7.4 推荐的检验项目 .....          | 16-134 |
| 7.5 图样标注 .....             | 16-134 |
| 7.6 圆弧齿轮精度数值表 .....        | 16-135 |
| 7.7 极限偏差及公差有关的关系式 .....    | 16-138 |
| 8 圆弧圆柱齿轮设计计算实例及零件工作图 ..... | 16-139 |
| 8.1 设计实例 .....             | 16-139 |
| 8.2 圆弧圆柱齿轮零件工作图 .....      | 16-141 |

### 第4章 锥齿轮、准双曲面齿轮传动

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 1 概述 .....                         | 16-145 |
| 1.1 分类、特点和应用 .....                 | 16-145 |
| 1.2 基本齿制 .....                     | 16-146 |
| 1.3 模数 .....                       | 16-146 |
| 1.4 锥齿轮的变位 .....                   | 16-147 |
| 1.4.1 切向变位 .....                   | 16-147 |
| 1.4.2 径向变位 .....                   | 16-148 |
| 2 锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....               | 16-148 |
| 2.1 直齿锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....           | 16-148 |
| 2.2 正交斜齿锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....         | 16-150 |
| 2.3 弧齿锥齿轮传动和零度弧齿锥齿轮传动的几何尺寸计算 ..... | 16-150 |
| 2.4 奥利康锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....          | 16-156 |
| 2.5 克林根贝尔格锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....       | 16-162 |
| 2.6 准双曲面齿轮传动的几何计算 .....            | 16-168 |
| 3 锥齿轮传动的设计 .....                   | 16-175 |
| 3.1 轮齿受力分析 .....                   | 16-175 |
| 3.2 锥齿轮传动的初步设计 .....               | 16-176 |
| 3.3 锥齿轮传动的强度校核计算 .....             | 16-180 |
| 3.3.1 锥齿轮传动的当量齿轮参数计算 .....         | 16-180 |
| 3.3.2 锥齿轮齿面接触疲劳强度校核计算 .....        | 16-181 |
| 3.3.3 锥齿轮齿根弯曲疲劳强度校核计算 .....        | 16-182 |

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| 3.4 锥齿轮传动设计举例 .....                  | 16-183 |
| 4 锥齿轮的结构 .....                       | 16-189 |
| 5 锥齿轮精度 (GB/T 11365—1989) ...        | 16-190 |
| 5.1 术语和定义 .....                      | 16-190 |
| 5.2 精度等级 .....                       | 16-192 |
| 5.3 齿坯的要求 .....                      | 16-193 |
| 5.4 锥齿轮的检验组与公差 .....                 | 16-193 |
| 5.4.1 锥齿轮的检验组 .....                  | 16-193 |
| 5.4.2 锥齿轮的公差 .....                   | 16-193 |
| 5.5 齿轮副的检验与公差 .....                  | 16-193 |
| 5.5.1 齿轮副的检验项目 .....                 | 16-193 |
| 5.5.2 齿轮副的检验组 .....                  | 16-193 |
| 5.5.3 齿轮副的公差 .....                   | 16-194 |
| 5.6 齿轮副侧隙 .....                      | 16-194 |
| 5.7 图样标注 .....                       | 16-194 |
| 5.8 应用示例 .....                       | 16-195 |
| 5.9 锥齿轮精度数值表 .....                   | 16-196 |
| 5.10 锥齿轮极限偏差及公差与齿轮几何<br>参数的关系式 ..... | 16-207 |
| 6 锥齿轮工作图例 .....                      | 16-208 |

## 第5章 蜗杆传动

|                                           |        |                                                     |        |
|-------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|
| 1 概述 .....                                | 16-211 | 2.7.2 精度等级 .....                                    | 16-230 |
| 2 普通圆柱蜗杆传动 .....                          | 16-213 | 2.7.3 齿坯的要求 .....                                   | 16-230 |
| 2.1 普通圆柱蜗杆传动主要参数 .....                    | 16-213 | 2.7.4 蜗杆、蜗轮的检验和公差 .....                             | 16-230 |
| 2.2 普通圆柱蜗杆传动的几何尺寸<br>计算 .....             | 16-216 | 2.7.5 蜗杆传动的检验和公差 .....                              | 16-230 |
| 2.3 普通圆柱蜗杆传动的承载能力<br>计算 .....             | 16-217 | 2.7.6 蜗杆传动的侧隙规定 .....                               | 16-230 |
| 2.3.1 齿上受力和分析和滑动速度<br>计算 .....            | 16-218 | 2.7.7 工作图上的标注 .....                                 | 16-231 |
| 2.3.2 普通圆柱蜗杆传动的强度和<br>刚度计算 .....          | 16-219 | 2.7.8 装配图上的标注 .....                                 | 16-231 |
| 2.3.3 蜗杆、蜗轮的材料和许用<br>应力 .....             | 16-220 | 2.7.9 公差数值表 .....                                   | 16-232 |
| 2.3.4 蜗杆传动的效率和散热计算 ...                    | 16-220 | 2.7.10 误差的有关关系式 .....                               | 16-239 |
| 2.4 实现合理啮合部位和制造“人工油涵”<br>的措施 .....        | 16-222 | 3 圆弧圆柱蜗杆传动 .....                                    | 16-240 |
| 2.5 蜗杆、蜗轮的结构 .....                        | 16-223 | 3.1 轴向圆弧齿圆柱蜗杆(ZC <sub>3</sub> )传动 ...               | 16-240 |
| 2.6 普通圆柱蜗杆传动的设计实例 .....                   | 16-224 | 3.1.1 基本齿廓 .....                                    | 16-240 |
| 2.7 圆柱蜗杆、蜗轮精度 (摘自 GB10089—<br>1988) ..... | 16-226 | 3.1.2 传动的参数及其匹配 (摘自<br>JB2318—1979) .....           | 16-240 |
| 2.7.1 术语定义和代号 .....                       | 16-227 | 3.1.3 轴向圆弧圆柱蜗杆传动的<br>几何尺寸计算 .....                   | 16-242 |
|                                           |        | 3.1.4 强度计算及其他 .....                                 | 16-243 |
|                                           |        | 3.2 环面包络圆柱蜗杆(ZC <sub>1</sub> )传动 ...                | 16-243 |
|                                           |        | 3.2.1 基本齿廓 .....                                    | 16-243 |
|                                           |        | 3.2.2 传动参数的匹配 .....                                 | 16-243 |
|                                           |        | 3.2.3 环面包络圆柱蜗杆(ZC <sub>1</sub> )传动<br>的几何尺寸计算 ..... | 16-246 |
|                                           |        | 3.2.4 ZC <sub>1</sub> 蜗杆传动承载能力计算 ...                | 16-246 |
|                                           |        | 3.2.5 ZC <sub>1</sub> 蜗杆传动设计实例 .....                | 16-249 |
|                                           |        | 4 环面蜗杆传动 .....                                      | 16-251 |
|                                           |        | 4.1 环面蜗杆的形成原理 .....                                 | 16-251 |
|                                           |        | 4.1.1 直廓环面蜗杆 .....                                  | 16-251 |
|                                           |        | 4.1.2 平面包络环面蜗杆 .....                                | 16-251 |
|                                           |        | 4.2 环面蜗杆的修形 .....                                   | 16-251 |
|                                           |        | 4.2.1 直廓环面蜗杆的修形 .....                               | 16-251 |
|                                           |        | 4.2.2 平面二次包络环面蜗杆的修<br>形 .....                       | 16-252 |
|                                           |        | 4.3 环面蜗杆传动基本参数选择和几何尺<br>寸计算 .....                   | 16-252 |
|                                           |        | 4.4 环面蜗杆传动承载能力计算 .....                              | 16-257 |
|                                           |        | 4.5 环面蜗杆传动设计 .....                                  | 16-258 |
|                                           |        | 4.6 环面蜗杆、蜗轮工作图 .....                                | 16-260 |
|                                           |        | 4.7 环面蜗杆、蜗轮精度 .....                                 | 16-263 |
|                                           |        | 4.7.1 直廓环面蜗杆、蜗轮精度<br>(GB/T16848—1999) .....         | 16-263 |
|                                           |        | 4.7.2 平面二次包络环面蜗杆传动<br>(摘自 GB/T16445—1996) ...       | 16-266 |
|                                           |        | 参考文献 .....                                          | 16-271 |

## 第 17 篇 轮 系

## 第 1 章 轮系概论

- 1 轮系的分类及应用 ..... 17-3
- 2 定轴轮系的传动比 ..... 17-3
- 3 常用行星齿轮传动的传动型式与特点 ..... 17-4
- 4 行星齿轮传动的传动比 ..... 17-6
- 5 行星齿轮传动的效率 ..... 17-7

## 第 2 章 渐开线齿轮行星传动

- 1 主要参数的确定 ..... 17-10
  - 1.1 齿数及行星轮数的确定 ..... 17-10
    - 1.1.1 齿数及行星轮数应满足的条件 ..... 17-10
    - 1.1.2 配齿方法 ..... 17-14
    - 1.1.3 行星传动中的齿轮变位 ..... 17-26
    - 1.1.4 确定齿数和变位系数的计算例题 ..... 17-27
    - 1.1.5 多级行星齿轮传动的传动比分配 ..... 17-30
- 2 行星齿轮传动的受力分析 ..... 17-30
- 3 行星传动齿轮强度计算要点 ..... 17-33
  - 3.1 小齿轮转矩  $T_1$  及圆周力  $F_t$  ..... 17-33
  - 3.2 应力循环次数 ..... 17-34
  - 3.3 动载系数  $K_v$  和速度系数  $Z_v$  ..... 17-35
  - 3.4 齿向载荷分布系数  $K_H$  ..... 17-35
- 4 行星齿轮传动的结构设计与计算 ..... 17-36
  - 4.1 行星齿轮传动的均载 ..... 17-36
    - 4.1.1 均载方法的分类 ..... 17-36
    - 4.1.2 均载方法的评价与选择 ..... 17-40
    - 4.1.3 行星轮油膜浮动均载理论 ..... 17-41
    - 4.1.4 行星齿轮传动的浮动量计算 ..... 17-42
    - 4.1.5 齿轮联轴器的设计与计算 ..... 17-43
  - 4.2 行星轮的结构 ..... 17-45
  - 4.3 行星架的结构与计算 ..... 17-46
    - 4.3.1 行星架的结构 ..... 17-46
    - 4.3.2 行星架的变形计算 ..... 17-47
  - 4.4 柔性轮缘的强度校核计算 ..... 17-47
  - 4.5 行星齿轮减速器整体结构 ..... 17-47

- 4.6 主要技术要求 ..... 17-51
- 4.7 行星齿轮传动设计计算例题 ..... 17-51
- 5 少齿差行星齿轮传动 ..... 17-53
  - 5.1 工作原理 ..... 17-53
  - 5.2 少齿差变位原理及几何计算 ..... 17-54
    - 5.2.1 少齿差变位传动的原理与特点 ..... 17-54
    - 5.2.2 传动质量指标 ..... 17-58
    - 5.2.3 齿轮几何尺寸及参数选用表 ..... 17-60
  - 5.3 零齿差变位内啮合的原理及有关计算 ..... 17-64
    - 5.3.1 啮合方程 ..... 17-64
    - 5.3.2 齿顶高 ..... 17-64
    - 5.3.3 顶隙 ..... 17-64
    - 5.3.4 重合度 ..... 17-64
    - 5.3.5 齿顶厚 ..... 17-64
    - 5.3.6 变位系数的确定 ..... 17-65
    - 5.3.7 零齿差几何尺寸及参数表 ..... 17-65
  - 5.4 少齿差行星传动的结构 ..... 17-65
    - 5.4.1 NN 型少齿差行星传动 ..... 17-65
    - 5.4.2 N 型少齿差行星传动 ..... 17-68
  - 5.5 少齿差行星齿轮传动受力分析 ..... 17-72
    - 5.5.1 轮齿受力 ..... 17-72
    - 5.5.2 输出机构受力 ..... 17-72
    - 5.5.3 转臂轴承受力 ..... 17-72
  - 5.6 少齿差行星齿轮传动的强度计算 ..... 17-74
  - 5.7 少齿差行星齿轮传动主要零件的常用材料 ..... 17-75
  - 5.8 少齿差行星齿轮传动主要零件的技术要求 ..... 17-75
  - 5.9 渐开线少齿差行星传动效率计算 ..... 17-76
  - 5.10 渐开线少齿差行星齿轮传动设计例题 ..... 17-77

## 第 3 章 摆线针轮行星传动

- 1 概述 ..... 17-82
  - 1.1 摆线针轮行星减速器的结构 ..... 17-82
  - 1.2 摆线针轮行星传动的特点 ..... 17-82

|                                   |        |                              |        |
|-----------------------------------|--------|------------------------------|--------|
| 1.3 摆线针轮行星传动几何要素代号                | 17-84  | 6.2 摆线轮齿形的优化设计               | 17-111 |
| 2 摆线针轮行星传动的啮合原理                   | 17-84  | 7 摆线针轮行星传动的技术要求              | 17-113 |
| 2.1 摆线针轮传动的齿廓曲线                   | 17-84  | 7.1 对零件的要求                   | 17-113 |
| 2.2 摆线轮齿廓曲线的方程                    | 17-86  | 7.2 装配的要求                    | 17-115 |
| 2.2.1 摆线轮的标准齿形方程式                 | 17-86  | 7.3 摆线针轮减速器的质量分等标准           | 17-115 |
| 2.2.2 通用的摆线轮齿形方程式                 | 17-86  | 8 设计计算公式与实例                  | 17-118 |
| 2.3 摆线轮齿廓的曲率半径                    | 17-87  | 9 主要零件的工作图                   | 17-121 |
| 2.4 复合齿形                          | 17-89  | 10 大型摆线针轮行星传动的新结构简介          | 17-125 |
| 2.4.1 齿形干涉区的界限点(起止点)              | 17-89  | 11 RV 减速器                    | 17-125 |
| 2.4.2 干涉后的摆线轮齿顶圆半径                | 17-90  | 11.1 RV 传动原理与特点              | 17-125 |
| 2.4.3 复合齿形设计                      | 17-91  | 11.1.1 传动原理                  | 17-125 |
| 2.5 二齿差摆线针轮行星传动                   | 17-94  | 11.1.2 传动特点                  | 17-125 |
| 2.5.1 二齿差摆线针轮行星传动的齿廓              | 17-94  | 11.2 RV 传动受力分析               | 17-126 |
| 2.5.2 二齿差传动摆线轮齿廓的修顶               | 17-95  | 11.3 RV 传动效率分析               | 17-127 |
| 3 摆线针轮行星传动的基本参数和几何尺寸计算            | 17-97  | 11.4 机器人用 RV 传动的设计要点         | 17-128 |
| 3.1 摆线针轮行星传动的基本参数                 | 17-97  | 11.4.1 摆线轮的优化修形              | 17-128 |
| 3.2 摆线针轮行星传动的几何尺寸                 | 17-99  | 11.4.2 摆线轮与针齿啮合力的分析          | 17-129 |
| 3.3 W 机构的有关参数与几何尺寸                | 17-100 | 11.4.3 RV 传动的回差分析            | 17-131 |
| 4 摆线针轮行星传动的受力分析                   | 17-100 | 11.4.4 RV 传动的传动误差分析          | 17-135 |
| 4.1 针齿与摆线轮齿啮合的作用力                 | 17-100 | 11.4.5 RV 传动的刚度分析            | 17-139 |
| 4.1.1 在理想标准齿形无隙啮合时, 针齿与摆线轮齿啮合的作用力 | 17-100 | 12 双曲柄环板式针摆行星传动              | 17-145 |
| 4.1.2 修形齿有隙啮合时, 针轮齿与摆线轮齿啮合的作用力    | 17-101 | 12.1 传动原理与特点                 | 17-145 |
| 4.2 输出机构的柱销(套)作用于摆线轮上的力           | 17-106 | 12.2 三齿轮联动双曲柄双环板式针摆行星传动的受力分析 | 17-149 |
| 4.2.1 判断同时传递转矩之柱销数                | 17-107 | 12.3 主要件的强度计算和轴承的寿命计算        | 17-150 |
| 4.2.2 输出机构的柱销(套)作用于摆线轮上的力         | 17-107 | 12.4 实例计算                    | 17-151 |
| 4.3 转臂轴承的作用力                      | 17-108 | 12.5 双曲柄环板式针摆行星传动的效率分析       | 17-153 |
| 5 主要件的强度计算                        | 17-108 |                              |        |
| 5.1 齿面接触强度计算                      | 17-108 | <b>第4章 谐波齿轮传动</b>            |        |
| 5.2 针齿销的抗弯强度和刚度计算                 | 17-109 | 1 谐波齿轮传动的主要特点及其基本原理          | 17-156 |
| 5.3 转臂轴承的选择                       | 17-109 | 1.1 主要特点                     | 17-156 |
| 5.4 输出机构圆柱销的强度计算                  | 17-109 | 1.2 基本构造及传动原理                | 17-156 |
| 6 摆线针轮传动的优化设计                     | 17-110 | 1.2.1 基本构造                   | 17-156 |
| 6.1 参数优化设计(优选 $a$ 与 $r_p$ )       | 17-110 | 1.2.2 传动原理                   | 17-157 |
|                                   |        | 2 谐波齿轮传动的分类                  | 17-157 |
|                                   |        | 3 谐波齿轮传动的运动学计算               | 17-158 |
|                                   |        | 4 谐波齿轮传动主要构件的结构形式            | 17-160 |

|                             |        |                                    |        |
|-----------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| 4.1 柔轮结构形式 .....            | 17-160 | 7.1 刚轮(柔轮)的运动误差 $\Delta T_z$ ..... | 17-176 |
| 4.2 刚轮结构形式 .....            | 17-162 | 7.2 刚轮、柔轮的安裝误差 $E_a$ .....         | 17-176 |
| 4.3 发生器结构形式 .....           | 17-162 | 7.3 波发生器零件的径向误差 .....              | 17-177 |
| 5 谐波齿轮传动的设计计算与基本参数的确定 ..... | 17-164 | 8 谐波齿轮传动的动态特性及其减振措施 .....          | 17-178 |
| 5.1 设计要点 .....              | 17-164 | 8.1 用相似系统分析谐波传动装置的动特性 .....        | 17-178 |
| 5.2 谐波齿轮传动比的确定 .....        | 17-164 | 8.2 利用振动机构的加速度负反馈来实现减振目的 .....     | 17-178 |
| 5.3 柔轮设计 .....              | 17-165 | 9 谐波齿轮传动的试验研究 .....                | 17-179 |
| 5.3.1 柔轮分度圆直径与波高的确定 .....   | 17-165 | 9.1 空载及负载跑合试验、效率、温升、超载、寿命试验 .....  | 17-179 |
| 5.3.2 齿形几何关系的确定 .....       | 17-165 | 9.2 刚度测试 .....                     | 17-179 |
| 5.3.3 柔轮结构尺寸的确定 .....       | 17-166 | 9.3 起动转矩测试 .....                   | 17-180 |
| 5.3.4 柔轮的应力分析 .....         | 17-168 | 9.4 传动误差动态测试 .....                 | 17-180 |
| 5.3.5 柔轮强度计算举例 .....        | 17-168 | 9.5 频率特性的测试 .....                  | 17-180 |
| 5.3.6 柔轮材料 .....            | 17-169 | 9.6 柔轮应力测试 .....                   | 17-181 |
| 5.3.7 柔轮的坯料加工及热处理 .....     | 17-170 | 10 动力谐波传动工作过程中的跳齿问题 .....          | 17-181 |
| 5.4 刚轮设计 .....              | 17-170 | 11 通用谐波传动减速器的安装、联接及外型尺寸 .....      | 17-182 |
| 5.5 波发生器的设计计算 .....         | 17-171 |                                    |        |
| 5.5.1 凸轮薄壁轴承式波发生器的设计 .....  | 17-171 |                                    |        |
| 5.5.2 圆盘式波发生器的设计 .....      | 17-173 |                                    |        |
| 5.5.3 触头式波发生器的设计 .....      | 17-174 |                                    |        |
| 5.5.4 行星式波发生器的设计 .....      | 17-174 |                                    |        |
| 5.6 抗弯环的材料选择 .....          | 17-174 |                                    |        |
| 6 谐波传动的效率、发热、润滑与增速 .....    | 17-174 |                                    |        |
| 6.1 谐波传动的效率计算 .....         | 17-174 |                                    |        |
| 6.2 谐波齿轮传动的发热计算与润滑 .....    | 17-175 |                                    |        |
| 6.3 谐波齿轮传动的增速问题 .....       | 17-176 |                                    |        |
| 7 传动装置的运动误差和频谱分析 .....      | 17-176 |                                    |        |

## 第 5 章 多点啮合柔性传动装置

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 1 概述 .....           | 17-184 |
| 1.1 特征和类型 .....      | 17-184 |
| 1.2 优越性 .....        | 17-184 |
| 1.3 应用范围 .....       | 17-185 |
| 2 主要结构型式与受力分析 .....  | 17-185 |
| 3 柔性支承的结构和计算 .....   | 17-185 |
| 4 多电动机驱动时的均载方法 ..... | 17-187 |
| 参考文献 .....           | 17-187 |

## 第 18 篇 减速器和变速器

### 第 1 章 减 速 器

|                       |      |                          |       |
|-----------------------|------|--------------------------|-------|
| 1 一般减速器设计资料 .....     | 18-3 | 1.2.3 附件 .....           | 18-5  |
| 1.1 常用减速器的型式和应用 ..... | 18-3 | 1.3 减速器传动比的分配 .....      | 18-7  |
| 1.2 减速器的基本构造 .....    | 18-5 | 1.4 典型减速器结构示例 .....      | 18-8  |
| 1.2.1 齿轮、轴及轴承组合 ..... | 18-5 | 1.5 圆柱齿轮减速器箱体结构图例 .....  | 18-25 |
| 1.2.2 箱体 .....        | 18-5 | 1.6 齿轮、蜗杆减速器箱体结构尺寸 ..... | 18-27 |
|                       |      | 1.7 减速器附件的结构尺寸 .....     | 18-40 |
|                       |      | 2 标准减速器 .....            | 18-43 |

|                                           |       |                                 |        |
|-------------------------------------------|-------|---------------------------------|--------|
| 2.1 圆柱齿轮减速器的基本参数 .....                    | 18-43 | 2.9.4 减速器选择 .....               | 18-90  |
| 2.1.1 中心距 .....                           | 18-43 | 2.10 摆线针轮减速器 .....              | 18-94  |
| 2.1.2 传动比 .....                           | 18-43 | 2.10.1 型号和标记示例 .....            | 18-94  |
| 2.1.3 齿宽系数 .....                          | 18-43 | 2.10.2 外形尺寸 .....               | 18-94  |
| 2.2 圆柱齿轮减速器 .....                         | 18-43 | 2.10.3 减速器的承载能力及<br>选用 .....    | 18-96  |
| 2.2.1 型式、中心距和型号表示<br>方法 .....             | 18-44 | 2.11 谐波传动减速器 .....              | 18-97  |
| 2.2.2 外形尺寸及装配型式 .....                     | 18-44 | 2.12 三环减速器 .....                | 18-100 |
| 2.2.3 减速器的承载能力和选用<br>方法 .....             | 18-44 | 2.13 双圆弧圆柱齿轮减速器 .....           | 18-100 |
| 2.3 运输机械用减速器 .....                        | 18-51 | 2.13.1 标记示例 .....               | 18-100 |
| 2.3.1 减速器的型式和标记示例 .....                   | 18-52 | 2.13.2 选择减速器型号 .....            | 18-100 |
| 2.3.2 外形尺寸 .....                          | 18-52 | 2.14 同轴式圆柱齿轮减速器 .....           | 18-111 |
| 2.3.3 减速器的承载能力和选用<br>方法 .....             | 18-52 | 2.14.1 型式和标记示例 .....            | 18-111 |
| 2.4 起重机减速器 .....                          | 18-58 | 2.14.2 外形尺寸 .....               | 18-111 |
| 2.4.1 型式、中心距和型号表示<br>方法 .....             | 18-58 | 2.14.3 减速器的承载能力和选用<br>方法 .....  | 18-114 |
| 2.4.2 减速器外形尺寸 .....                       | 18-60 | 2.15 KPTH 型减速器 .....            | 18-129 |
| 2.4.3 减速器的承载能力和选择<br>方法 .....             | 18-62 | 2.15.1 型式和标记示例 .....            | 18-129 |
| 2.5 起重机底座式减速器 .....                       | 18-66 | 2.15.2 中心距和公称传动比 .....          | 18-130 |
| 2.6 锥面包络圆柱蜗杆减速器 .....                     | 18-68 | 2.15.3 外形尺寸 .....               | 18-130 |
| 2.6.1 型号与标记 .....                         | 18-69 | 2.15.4 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-131 |
| 2.6.2 KW 型减速器外形尺寸与装配<br>型式 .....          | 18-69 | 2.16 JPT 型减速器 .....             | 18-133 |
| 2.6.3 减速器的承载能力和选用 .....                   | 18-72 | 2.16.1 装配型式、外形尺寸和标记<br>示例 ..... | 18-134 |
| 2.7 圆弧圆柱蜗杆减速器 .....                       | 18-75 | 2.16.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-137 |
| 2.7.1 减速器的型式与型号标记 .....                   | 18-76 | 2.17 ZK 系列行星齿轮减速器 .....         | 18-140 |
| 2.7.2 减速器的外形尺寸和装配<br>型式 .....             | 18-76 | 2.17.1 外形尺寸和标记示例 .....          | 18-140 |
| 2.7.3 减速器的承载能力和选用<br>方法 .....             | 18-77 | 2.17.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-142 |
| 2.8 直廓环面蜗杆减速器 .....                       | 18-79 | 2.18 ZZ 系列行星齿轮减速器 .....         | 18-146 |
| 2.8.1 减速器型式和标记示例 .....                    | 18-79 | 2.18.1 外形尺寸 .....               | 18-146 |
| 2.8.2 HW 型减速器外形尺寸 .....                   | 18-79 | 2.18.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-151 |
| 2.8.3 HW 型减速器的承载能力和<br>选用 .....           | 18-79 | 2.19 ZJ 系列行星齿轮减速器 .....         | 18-156 |
| 2.9 NGW 型行星齿轮减速器 .....                    | 18-85 | 2.19.1 外形尺寸和标记示例 .....          | 18-157 |
| 2.9.1 减速器的型式与标记 .....                     | 18-85 | 2.19.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-157 |
| 2.9.2 公称传动比与实际传动比 .....                   | 18-86 | 2.20 RH 二环减速器 .....             | 18-158 |
| 2.9.3 NAD、NAF、NBD、NBF 型减<br>速器的形式尺寸 ..... | 18-86 | 2.20.1 外形尺寸、装配型式和标记<br>示例 ..... | 18-158 |
|                                           |       | 2.20.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-158 |
|                                           |       | 2.21 平面包络环面蜗杆减速器 .....          | 18-163 |
|                                           |       | 2.21.1 装配外形尺寸型式和标记<br>示例 .....  | 18-163 |
|                                           |       | 2.21.2 减速器的承载能力和选用 .....        | 18-166 |
|                                           |       | 2.21.3 减速器的润滑 .....             | 18-170 |

|                                        |        |                                |        |
|----------------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
| 2.22 SEW 型电动机直联减速器 .....               | 18-172 | 2 机械无级变速器产品 .....              | 18-288 |
| 2.22.1 R 系列减速器型号和标记示<br>例 .....        | 18-172 | 2.1 齿链式无级变速器 .....             | 18-288 |
| 2.22.2 R 系列减速器的外形尺寸和<br>安装尺寸 .....     | 18-173 | 2.1.1 型式、代号和标记方法 .....         | 18-288 |
| 2.22.3 R 系列减速器的承载能力和<br>选用 .....       | 18-189 | 2.1.2 承载能力和选用方法 .....          | 18-289 |
| 2.23 TH、TB 型减速器 .....                  | 18-222 | 2.2 行星锥盘式无级变速器 .....           | 18-295 |
| 2.23.1 TH、TB 型减速器型号和标记<br>示例 .....     | 18-222 | 2.2.1 型式和标记方法 .....            | 18-296 |
| 2.23.2 TH、TB 型减速器的安装尺<br>寸 .....       | 18-222 | 2.2.2 性能参数和安装及外形尺寸 .....       | 18-296 |
| 2.23.3 TH、TB 型减速器的承载能力<br>和选用 .....    | 18-239 | 2.3 三相并联脉动无级变速器 .....          | 18-300 |
| <b>第 2 章 有级变速器</b>                     |        | 2.3.1 型号和标记示例 .....            | 18-300 |
| 1 基本设计资料 .....                         | 18-255 | 2.3.2 主要性能参数和安装及外形<br>尺寸 ..... | 18-300 |
| 1.1 变速方式 .....                         | 18-255 | 2.4 四相并列连杆脉动无级变速器 .....        | 18-301 |
| 1.2 运动设计 .....                         | 18-256 | 2.4.1 型式和标记示例 .....            | 18-301 |
| 1.2.1 标准公比和标准转速数列 .....                | 18-256 | 2.4.2 性能参数和安装及外形尺<br>寸 .....   | 18-301 |
| 1.2.2 基型变速系统 .....                     | 18-258 | 2.5 环锥行星无级变速器 .....            | 18-302 |
| 1.2.3 齿轮齿数的确定 .....                    | 18-260 | 2.5.1 型式、外形尺寸和标记示<br>例 .....   | 18-302 |
| 1.2.4 实例 .....                         | 18-260 | 2.5.2 性能参数和选用说明 .....          | 18-306 |
| 1.2.5 齿轮变速机构 .....                     | 18-265 | 2.6 多盘式无级变速器 .....             | 18-307 |
| 2 实例 .....                             | 18-272 | 2.6.1 型式和标记示例 .....            | 18-307 |
| 2.1 $\phi 320\text{mm}$ 型精密车床变速器 ..... | 18-272 | 2.6.2 性能参数和安装及外形尺<br>寸 .....   | 18-307 |
| 2.2 汽车变速器 .....                        | 18-274 | 2.7 胶带式无级变速器 .....             | 18-310 |
| 2.3 工程机械变速器 .....                      | 18-279 | 2.7.1 选用、使用注意事项 .....          | 18-310 |
| <b>第 3 章 无级变速器</b>                     |        | 2.7.2 技术参数、装配形式及外<br>形尺寸 ..... | 18-310 |
| 1 机械无级变速器的一般资料 .....                   | 18-283 | 2.8 摆销链式无级变速器 .....            | 18-311 |
| 1.1 机械无级变速器的类型、特性及应<br>用举例 .....       | 18-283 | 2.8.1 变速器的型式、代号和标<br>记方法 ..... | 18-311 |
| 1.2 机械无级变速器的选用 .....                   | 18-287 | 2.8.2 变速器的安装型式和外形<br>尺寸 .....  | 18-311 |
|                                        |        | 2.8.3 变速器的承载能力和选用<br>方法 .....  | 18-317 |

## 第 19 篇 轴

### 第 1 章 概 述

|                 |      |
|-----------------|------|
| 1 轴的种类和特点 ..... | 19-3 |
| 2 轴的常用材料 .....  | 19-3 |

### 第 2 章 轴的结构设计

|                     |      |
|---------------------|------|
| 1 轴上零件的固定 .....     | 19-6 |
| 1.1 轴上零件的轴向固定 ..... | 19-6 |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 1.2 轴上零件的周向固定 .....      | 19-7  |
| 2 采用合理结构措施提高轴的疲劳强度 ..... | 19-9  |
| 3 轴的加工和装配工艺性 .....       | 19-9  |
| 4 轴伸的结构尺寸 .....          | 19-10 |
| 4.1 圆柱形轴伸结构尺寸 .....      | 19-10 |
| 4.2 圆锥形轴伸结构尺寸 .....      | 19-11 |
| 5 轴的典型结构举例 .....         | 19-14 |

### 第3章 轴的强度

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 1 按转矩估算 .....          | 19-16 |
| 2 按弯转合成力矩近似计算 .....    | 19-16 |
| 3 安全系数校核计算 .....       | 19-17 |
| 3.1 轴的疲劳强度安全系数校核 ..... | 19-17 |
| 3.2 轴静强度的安全系数校核 .....  | 19-21 |
| 4 轴的强度计算实例 .....       | 19-25 |

### 第4章 轴的刚度

|                  |       |
|------------------|-------|
| 1 轴的扭转变形计算 ..... | 19-28 |
| 2 轴的弯曲变形计算 ..... | 19-28 |
| 2.1 当量直径法 .....  | 19-29 |
| 2.2 能量法 .....    | 19-29 |
| 3 轴的刚度计算实例 ..... | 19-29 |

### 第5章 轴的临界转速

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 1 不带圆盘均质轴的临界转速 ..... | 19-34 |
| 2 带圆盘轴的临界转速 .....    | 19-35 |
| 3 光轴的一阶临界转速计算 .....  | 19-35 |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 4 轴的临界转速计算举例 ..... | 19-37 |
|--------------------|-------|

## 第6章 钢丝软轴

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 1 软轴的结构型式和规格 .....   | 19-38 |
| 1.1 常用软轴的结构型式 .....  | 19-38 |
| 1.2 钢丝软轴的结构与规格 ..... | 19-38 |
| 1.3 软管的结构与规格 .....   | 19-39 |
| 1.4 软轴接头及联接 .....    | 19-40 |
| 1.5 软管接头及联接 .....    | 19-40 |
| 1.6 防逆转装置 .....      | 19-40 |
| 2 软轴的选择和使用 .....     | 19-41 |
| 2.1 软轴的选择 .....      | 19-41 |
| 2.2 软轴使用时注意事项 .....  | 19-42 |

## 第7章 低速曲轴

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 1 曲轴的结构设计 .....       | 19-43 |
| 1.1 曲轴的设计要求 .....     | 19-43 |
| 1.2 曲轴的结构 .....       | 19-43 |
| 1.3 提高曲轴强度的工艺措施 ..... | 19-45 |
| 2 曲轴的受力分析与计算 .....    | 19-45 |
| 2.1 曲轴的受力分析 .....     | 19-45 |
| 2.2 曲轴应力集中系数的计算 ..... | 19-45 |
| 2.3 曲轴的强度计算 .....     | 19-47 |
| 2.3.1 曲轴的静强度校核 .....  | 19-47 |
| 2.3.2 曲轴的疲劳强度校核 ..... | 19-47 |
| 参考文献 .....            | 19-48 |

# 第20篇 滚动轴承

## 第1章 滚动轴承的分类、结构与代号

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 1 通用轴承的分类、结构与代号 .....  | 20-3  |
| 1.1 通用轴承的分类 .....      | 20-3  |
| 1.2 通用轴承的基本结构与代号 ..... | 20-4  |
| 1.2.1 基本代号的组成 .....    | 20-4  |
| 1.2.2 基本结构与基本代号 .....  | 20-5  |
| 1.2.3 前置代号、后置代号 .....  | 20-11 |
| 1.2.4 通用轴承代号汇总 .....   | 20-16 |
| 1.2.5 轴承代号的编排规则 .....  | 20-18 |
| 1.2.6 非标准轴承的代号 .....   | 20-18 |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1.3 带座外球面球轴承的分类、结构与代号 .....   | 20-20 |
| 1.3.1 带座外球面球轴承的分类 .....       | 20-20 |
| 1.3.2 带座外球面球轴承的代号 .....       | 20-20 |
| 1.3.3 带座外球面球轴承的分类、结构与代号 ..... | 20-21 |
| 1.4 组合轴承的分类、结构与代号 .....       | 20-25 |
| 1.4.1 滚针和角接触球组合轴承 .....       | 20-25 |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 1.4.2 滚针和推力球组合轴承 .....          | 20-25 |
| 1.4.3 滚针和推力圆柱滚子<br>组合轴承 .....   | 20-25 |
| 1.4.4 滚针和双向推力圆柱滚子组合<br>轴承 ..... | 20-26 |
| 2 专用轴承的分类、结构与代号 .....           | 20-26 |
| 2.1 机床轴承 .....                  | 20-26 |
| 2.2 汽车轴承 .....                  | 20-27 |
| 2.3 磁电机轴承 .....                 | 20-34 |
| 2.4 内燃机、水泵轴承 .....              | 20-34 |
| 2.5 铁路轴承 .....                  | 20-35 |
| 2.6 轧机轴承 .....                  | 20-35 |
| 2.7 输送链轴承 .....                 | 20-36 |
| 2.8 机器人轴承 .....                 | 20-37 |
| 2.9 仪器精密轴承 .....                | 20-38 |
| 2.10 回转支承 .....                 | 20-38 |
| 3 关节轴承的分类、结构与代号 .....           | 20-39 |
| 3.1 关节轴承的分类 .....               | 20-39 |
| 3.2 关节轴承代号 .....                | 20-40 |
| 3.3 关节轴承的分类、结构与代号 .....         | 20-40 |
| 4 直线运动滚动支承的分类、结构<br>与代号 .....   | 20-43 |
| 4.1 直线运动滚动支承的分类 .....           | 20-43 |
| 4.2 直线运动滚动支承代号 .....            | 20-43 |
| 4.3 直线运动滚动支承的分类、<br>结构与代号 ..... | 20-45 |

## 第2章 滚动轴承的特性与选用

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 1 常用滚动轴承的特性 .....            | 20-47 |
| 2 滚动轴承的选用 .....              | 20-64 |
| 2.1 滚动轴承的类型选择 .....          | 20-64 |
| 2.1.1 有效空间 .....             | 20-64 |
| 2.1.2 承载能力 .....             | 20-65 |
| 2.1.3 速度特性 .....             | 20-65 |
| 2.1.4 摩擦特性 .....             | 20-66 |
| 2.1.5 调心性 .....              | 20-66 |
| 2.1.6 运转精度 .....             | 20-67 |
| 2.1.7 振动噪声特性 .....           | 20-67 |
| 2.1.8 工作性能比较 .....           | 20-67 |
| 2.2 滚动轴承的尺寸选择 .....          | 20-68 |
| 2.2.1 按额定动载荷选择轴承<br>尺寸 ..... | 20-68 |
| 2.2.2 按额定静载荷选择轴承 .....       |       |

|          |       |
|----------|-------|
| 尺寸 ..... | 20-69 |
|----------|-------|

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 2.3 滚动轴承的精度选择 ..... | 20-69 |
| 2.4 滚动轴承的游隙选择 ..... | 20-69 |

## 第3章 滚动轴承计算

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 1 滚动轴承的失效形式 .....            | 20-77 |
| 2 通用轴承计算 .....               | 20-77 |
| 2.1 基本额定寿命 .....             | 20-77 |
| 2.2 基本额定载荷 .....             | 20-77 |
| 2.2.1 基本额定动载荷 .....          | 20-77 |
| 2.2.2 基本额定静载荷 .....          | 20-79 |
| 2.3 当量载荷 .....               | 20-80 |
| 2.3.1 当量动载荷 .....            | 20-80 |
| 2.3.2 当量静载荷 .....            | 20-82 |
| 2.3.3 角接触轴承的载荷计算 .....       | 20-83 |
| 2.3.4 静不定支承的载荷计算 .....       | 20-84 |
| 2.4 通用轴承的寿命计算 .....          | 20-84 |
| 2.4.1 额定寿命计算 .....           | 20-84 |
| 2.4.2 修正额定寿命计算 .....         | 20-85 |
| 2.5 通用轴承的额定静载荷校核<br>计算 ..... | 20-85 |
| 3 关节轴承计算 .....               | 20-86 |
| 3.1 关节轴承的符号与术语 .....         | 20-86 |
| 3.2 关节轴承的额定载荷 .....          | 20-86 |
| 3.3 关节轴承的寿命计算 .....          | 20-87 |
| 3.3.1 初润滑寿命计算 .....          | 20-87 |
| 3.3.2 重润滑寿命计算 .....          | 20-87 |
| 3.3.3 分段载荷下的寿命计算 .....       | 20-87 |
| 3.4 关节轴承的工作能力计算 .....        | 20-87 |
| 4 直线运动滚动支承计算 .....           | 20-88 |
| 4.1 直线运动系统的载荷 .....          | 20-88 |
| 4.2 直线运动滚动支承的承<br>载能力 .....  | 20-91 |
| 4.2.1 当量载荷计算 .....           | 20-91 |
| 4.2.2 寿命计算 .....             | 20-91 |
| 4.2.3 静载荷计算 .....            | 20-92 |

## 第4章 滚动轴承的组合设计

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 1 轴承配置 .....      | 20-93 |
| 1.1 背对背排列 .....   | 20-93 |
| 1.2 面对面排列 .....   | 20-93 |
| 1.3 串联排列 .....    | 20-93 |
| 2 支承结构的基本形式 ..... | 20-93 |

## 第 6 章 常用滚动轴承的基本尺寸与数据

|   |              |        |
|---|--------------|--------|
| 1 | 深沟球轴承 .....  | 20—121 |
| 2 | 调心球轴承 .....  | 20—140 |
| 3 | 角接触球轴承 ..... | 20—149 |
| 4 | 圆柱滚子轴承 ..... | 20—161 |
| 5 | 调心滚子轴承 ..... | 20—180 |
| 6 | 圆锥滚子轴承 ..... | 20—202 |
| 7 | 推力球轴承 .....  | 20—219 |
| 8 | 推力滚子轴承 ..... | 20—223 |
| 9 | 滚针轴承 .....   | 20—227 |

|                        |        |                              |        |
|------------------------|--------|------------------------------|--------|
| 10 带座外球面球轴承 .....      | 20-243 | 13.1 直线运动球轴承 .....           | 20-299 |
| 11 滚动轴承附件及滚动轴承座 .....  | 20-271 | 13.2 直线运动滚子轴承 .....          | 20-300 |
| 11.1 滚动轴承附件 .....      | 20-271 | 13.3 滚动直线导套副 .....           | 20-302 |
| 11.1.1 紧定套 .....       | 20-271 | 13.4 滚动花键副 .....             | 20-304 |
| 11.1.2 退卸衬套 .....      | 20-274 | 13.5 滚动直线导轨副 .....           | 20-306 |
| 11.1.3 止推环 .....       | 20-278 | 13.6 滚动直线导轨副安装连接<br>尺寸 ..... | 20-310 |
| 11.2 滚动轴承座 .....       | 20-279 | 13.7 滚动直线导轨副的精度 .....        | 20-310 |
| 11.2.1 二螺柱滚动轴承座 .....  | 20-279 | 附录 .....                     | 20-312 |
| 11.2.2 四螺柱滚动轴承座 .....  | 20-284 | 1 国外著名轴承公司通用轴承代号 .....       | 20-312 |
| 12 关节轴承 .....          | 20-285 | 2 国内外通用轴承代号对照 .....          | 20-317 |
| 12.1 向心关节轴承 .....      | 20-285 | 3 国内外钢球公差等级对照 .....          | 20-318 |
| 12.2 角接触关节轴承 .....     | 20-289 | 4 国内外常用轴承钢材牌号对照 .....        | 20-319 |
| 12.3 推力关节轴承 .....      | 20-290 | 5 国内外常用轴承油品牌号对照 .....        | 20-320 |
| 12.4 杆端关节轴承 .....      | 20-290 | 6 中国通用轴承旧代号 .....            | 20-322 |
| 12.5 自润滑杆端关节轴承 .....   | 20-293 | 7 中国通用轴承新旧代号对照 .....         | 20-324 |
| 12.6 自润滑球头杆端关节轴承 ..... | 20-295 | 参考文献 .....                   | 20-338 |
| 12.7 关节轴承的安装尺寸 .....   | 20-297 |                              |        |
| 13 直线运动滚动支承 .....      | 20-299 |                              |        |

## 第 21 篇 滑 动 轴 承

### 第 1 章 滑动轴承的类型、选择和材料

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 1 滑动轴承的类型 .....        | 21-3  |
| 2 各类轴承的性能比较 .....      | 21-3  |
| 3 滑动轴承类型的选择 .....      | 21-4  |
| 4 滑动轴承的基本形式 .....      | 21-4  |
| 5 常用滑动轴承轴瓦材料及其性能 ..... | 21-6  |
| 5.1 轴瓦材料应具备的性能 .....   | 21-6  |
| 5.2 轴瓦材料的分类 .....      | 21-6  |
| 5.3 常用轴瓦材料 .....       | 21-6  |
| 5.3.1 金属轴瓦材料 .....     | 21-6  |
| 5.3.2 含油轴承轴瓦材料 .....   | 21-6  |
| 5.3.3 非金属轴瓦材料 .....    | 21-8  |
| 5.4 各种轴瓦材料的性能比较 .....  | 21-10 |
| 5.5 轴瓦表面涂层及其材料 .....   | 21-11 |
| 5.6 对轴颈材料表面硬度的要求 ..... | 21-11 |
| 6 滑动轴承设计资料 .....       | 21-11 |
| 7 滑动轴承的润滑 .....        | 21-12 |
| 7.1 润滑剂 .....          | 21-12 |
| 7.2 润滑油粘度 .....        | 21-12 |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 7.3 润滑方法 .....     | 21-13 |
| 8 滑动轴承的速度与载荷 ..... | 21-13 |
| 8.1 径向轴承 .....     | 21-13 |
| 8.1.1 速度 .....     | 21-13 |
| 8.1.2 载荷 .....     | 21-13 |
| 8.2 止推轴承 .....     | 21-14 |
| 8.2.1 速度 .....     | 21-14 |
| 8.2.2 载荷 .....     | 21-14 |

### 第 2 章 压力供油径向圆柱轴承

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 1 供油装置 .....       | 21-15 |
| 1.1 供油槽形式 .....    | 21-15 |
| 1.2 单轴向油槽 .....    | 21-16 |
| 1.3 双轴向油槽 .....    | 21-16 |
| 1.4 周向油槽 .....     | 21-16 |
| 2 稳态条件下的性能计算 ..... | 21-16 |
| 2.1 承载能力 .....     | 21-16 |
| 2.2 流量 .....       | 21-17 |
| 2.2.1 计算流量 .....   | 21-17 |
| 2.2.2 油槽供油量 .....  | 21-18 |

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 2.3 摩擦功耗 .....                             | 21-20 |
| 2.4 润滑油温度 .....                            | 21-21 |
| 2.4.1 润滑油温升 .....                          | 21-21 |
| 2.4.2 润滑油温度 .....                          | 21-21 |
| 2.5 偏位角 .....                              | 21-21 |
| 3 动态特性 .....                               | 21-23 |
| 4 参数选择 .....                               | 21-24 |
| 4.1 宽径比 $\bar{B}$ .....                    | 21-24 |
| 4.2 相对间隙 $\psi$ .....                      | 21-24 |
| 4.3 润滑油粘度 $\eta$ .....                     | 21-24 |
| 4.4 最小油膜厚度的极限值 $h_{2\lim}$ .....           | 21-24 |
| 4.5 轴承允许的极限温度 $\theta_{\text{blim}}$ ..... | 21-25 |
| 4.6 轴承允许的极限压力 $p_{\text{lim}}$ .....       | 21-25 |
| 5 制造公差和表面粗糙度的确定 .....                      | 21-25 |
| 5.1 制造公差的确定 .....                          | 21-25 |
| 5.2 表面粗糙度的确定 .....                         | 21-25 |
| 6 计算程序示例 .....                             | 21-25 |

### 第3章 曲轴轴承

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 1 材料选择 .....                | 21-28 |
| 1.1 衬层材料的性能及其选择 .....       | 21-28 |
| 1.2 衬层的厚度 .....             | 21-28 |
| 2 流体动力润滑条件 .....            | 21-29 |
| 2.1 曲轴轴承的载荷 .....           | 21-29 |
| 2.2 润滑计算结果 .....            | 21-29 |
| 2.3 改善动力润滑性能的措施 .....       | 21-29 |
| 3 润滑剂供给系统 .....             | 21-29 |
| 3.1 轴瓦上的油槽与油孔 .....         | 21-29 |
| 3.2 供油压力 .....              | 21-30 |
| 3.3 流量计算 .....              | 21-30 |
| 3.4 管(通)道口径 .....           | 21-30 |
| 3.5 润滑油的过滤 .....            | 21-30 |
| 4 轴瓦及相关零件的设计、公差与表面粗糙度 ..... | 21-30 |
| 4.1 轴瓦结构 .....              | 21-30 |
| 4.2 轴瓦半圆周长及其公差 .....        | 21-30 |
| 4.3 轴承座螺栓 .....             | 21-31 |
| 4.3.1 螺栓位置 .....            | 21-31 |
| 4.3.2 螺栓预紧力 .....           | 21-31 |
| 4.4 轴承座的公差与表面粗糙度 .....      | 21-31 |
| 4.5 轴瓦在轴承座中的定位 .....        | 21-31 |
| 4.6 轴瓦的标准尺寸 .....           | 21-31 |
| 4.6.1 薄壁轴瓦的标准尺寸 .....       | 21-31 |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 4.6.2 薄壁翻边轴瓦的标准尺寸 ..... | 21-33 |
|-------------------------|-------|

### 第4章 不充足供油径向轴承

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 1 适宜的工况参数 .....      | 21-34 |
| 2 主要参数 .....         | 21-34 |
| 2.1 相对间隙 .....       | 21-34 |
| 2.2 表面粗糙度 .....      | 21-34 |
| 2.3 最小油膜厚度极限值 .....  | 21-34 |
| 2.4 轴瓦宽度 .....       | 21-35 |
| 2.5 润滑剂及其粘度的选择 ..... | 21-35 |
| 3 轴承性能计算 .....       | 21-35 |
| 3.1 载荷数 .....        | 21-35 |
| 3.2 流量数 .....        | 21-35 |
| 3.3 摩擦功耗 .....       | 21-36 |
| 3.4 工作温度 .....       | 21-36 |
| 4 油槽形式 .....         | 21-36 |

### 第5章 多楔与可倾瓦块径向轴承

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1 多楔径向轴承 .....                | 21-38 |
| 1.1 几何参数 .....                | 21-38 |
| 1.2 参数选择 .....                | 21-38 |
| 1.2.1 油楔数 .....               | 21-38 |
| 1.2.2 半径间隙 $c^*$ .....        | 21-38 |
| 1.2.3 楔形度 $\psi/\psi^*$ ..... | 21-39 |
| 1.3 多楔径向轴承性能计算 .....          | 21-39 |
| 1.3.1 迭代法 .....               | 21-39 |
| 1.3.2 近似算法 .....              | 21-40 |
| 1.4 椭圆轴承的性能计算 .....           | 21-40 |
| 1.4.1 稳态性能计算 .....            | 21-41 |
| 1.4.2 稳定性计算 .....             | 21-42 |
| 2 可倾瓦块径向轴承 .....              | 21-45 |
| 2.1 半径间隙 .....                | 21-45 |
| 2.2 油膜厚度 .....                | 21-45 |
| 2.3 支点位置 .....                | 21-45 |
| 2.4 几何尺寸 .....                | 21-46 |
| 2.5 性能计算 .....                | 21-46 |

### 第6章 液体动压止推轴承

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 1 参数选择 .....      | 21-48 |
| 2 平面瓦止推轴承 .....   | 21-49 |
| 3 斜-平面瓦止推轴承 ..... | 21-49 |
| 3.1 几何尺寸选取 .....  | 21-49 |
| 3.2 校核计算 .....    | 21-49 |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 4 阶梯面瓦止推轴承 .....  | 21-52 |
| 5 可倾瓦块止推轴承 .....  | 21-52 |
| 5.1 瓦块尺寸的选取 ..... | 21-52 |
| 5.2 校核与性能计算 ..... | 21-53 |

## 第7章 液体静压轴承

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 1 设计基础 .....              | 21-55 |
| 1.1 润滑系统 .....            | 21-55 |
| 1.2 节流器及其流量 .....         | 21-55 |
| 1.2.1 节流器的类型与特性 .....     | 21-55 |
| 1.2.2 节流器流量计算 .....       | 21-56 |
| 1.3 油垫结构及其流量 .....        | 21-56 |
| 1.3.1 油垫结构类型 .....        | 21-56 |
| 1.3.2 油垫流量公式 .....        | 21-57 |
| 1.4 油垫的性能计算 .....         | 21-58 |
| 1.4.1 承载能力 .....          | 21-58 |
| 1.4.2 油膜刚度 .....          | 21-58 |
| 1.4.3 功耗 .....            | 21-58 |
| 1.4.4 温升 .....            | 21-58 |
| 1.5 参数选择 .....            | 21-59 |
| 1.5.1 压力比 $\bar{p}$ ..... | 21-59 |
| 1.5.2 节流器节流尺寸计算 .....     | 21-59 |
| 1.5.3 润滑油粘度 .....         | 21-59 |
| 1.5.4 设计间隙 .....          | 21-59 |
| 1.5.5 供油压力 .....          | 21-59 |
| 1.5.6 封油面宽度 .....         | 21-59 |
| 2 止推轴承 .....              | 21-59 |
| 2.1 单向止推轴承 .....          | 21-59 |
| 2.1.1 管式、缝式和孔式节流 .....    | 21-60 |
| 2.1.2 定量泵、定量阀单向油垫 .....   | 21-60 |
| 2.1.3 膜片反馈节流 .....        | 21-62 |
| 2.2 双向止推轴承 .....          | 21-64 |
| 2.2.1 缝式、管式和孔式节流 .....    | 21-64 |
| 2.2.2 滑阀反馈、膜片反馈节流 .....   | 21-65 |
| 3 径向轴承 .....              | 21-66 |
| 3.1 参数选取 .....            | 21-66 |
| 3.1.1 宽径比 .....           | 21-66 |
| 3.1.2 半径间隙 .....          | 21-66 |
| 3.1.3 垫(腔)数 .....         | 21-66 |
| 3.2 层流判据 .....            | 21-67 |
| 3.3 垫式径向轴承 .....          | 21-67 |
| 3.3.1 设计状态下的性能 .....      | 21-67 |
| 3.3.2 性能计算 .....          | 21-67 |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 3.4 腔式径向轴承 .....   | 21-69 |
| 3.4.1 参数选取 .....   | 21-69 |
| 3.4.2 承载能力 .....   | 21-69 |
| 3.4.3 刚度 .....     | 21-70 |
| 3.4.4 流量 .....     | 21-70 |
| 3.4.5 计算值的修正 ..... | 21-70 |
| 4 径向止推轴承 .....     | 21-71 |
| 4.1 H形轴承 .....     | 21-71 |
| 4.1.1 性能计算 .....   | 21-72 |
| 4.1.2 参数选取 .....   | 21-73 |
| 4.2 锥形轴承 .....     | 21-74 |
| 4.2.1 参数选取 .....   | 21-74 |
| 4.2.2 性能计算 .....   | 21-75 |
| 4.3 球形轴承 .....     | 21-76 |

## 第8章 液体动静压径向轴承

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 1 静压升举轴承 .....        | 21-79 |
| 2 小油腔腔式径向轴承 .....     | 21-80 |
| 3 无腔径向轴承 .....        | 21-80 |
| 3.1 纯静压承载能力 .....     | 21-81 |
| 3.2 动静压混合承载能力 .....   | 21-81 |
| 3.3 参数选择 .....        | 21-81 |
| 4 阶梯腔径向轴承 .....       | 21-82 |
| 4.1 无节流器阶梯腔径向轴承 ..... | 21-82 |
| 4.2 有节流器阶梯腔径向轴承 ..... | 21-82 |

## 第9章 气体轴承

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 1 气体静压轴承 .....        | 21-84 |
| 1.1 常用节流器型式 .....     | 21-84 |
| 1.2 气体静压径向轴承 .....    | 21-85 |
| 1.2.1 孔式节流型径向轴承 ..... | 21-85 |
| 1.2.2 缝式节流型径向轴承 ..... | 21-87 |
| 1.3 气体静压止推轴承 .....    | 21-88 |
| 1.3.1 孔式节流型止推轴承 ..... | 21-88 |
| 1.3.2 缝式节流型止推轴承 ..... | 21-91 |
| 1.3.3 径向排气型止推轴承 ..... | 21-92 |
| 1.3.4 双向止推轴承 .....    | 21-92 |
| 1.4 气体静压轴承的稳定性 .....  | 21-92 |
| 1.4.1 气锤振动 .....      | 21-92 |
| 1.4.2 涡动 .....        | 21-93 |
| 2 气体动压轴承 .....        | 21-93 |
| 2.1 气体动压径向轴承 .....    | 21-93 |
| 2.1.1 螺旋槽型径向轴承 .....  | 21-93 |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 2.1.2 可倾瓦块径向轴承的设计 .....      | 21-94 |
| 2.2 气体动压止推轴承 .....           | 21-95 |
| 2.2.1 扇形阶梯面止推轴承 .....        | 21-95 |
| 2.2.2 螺旋槽平面止推轴承 .....        | 21-96 |
| 3 气体动静压混合轴承 .....            | 21-97 |
| 3.1 表面节流型轴承 .....            | 21-97 |
| 3.2 孔-腔二次节流型径向轴承 .....       | 21-98 |
| 4 气体轴承材料与精度 .....            | 21-98 |
| 4.1 气体轴承材料 .....             | 21-98 |
| 4.1.1 气体轴承材料应具备的<br>性能 ..... | 21-98 |
| 4.1.2 气体轴承材料的分类与特性 .....     | 21-98 |
| 4.2 气体轴承精度 .....             | 21-99 |

## 第 10 章 箔 轴 承

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 1 拉伸型箔轴承 .....               | 21-100 |
| 1.1 单叶式动压箔轴承 .....           | 21-100 |
| 1.2 柱面形静压箔轴承 .....           | 21-101 |
| 2 弯曲型箔轴承 .....               | 21-101 |
| 2.1 径向轴承 .....               | 21-102 |
| 2.1.1 压缩数与平箔和波箔的<br>柔度 ..... | 21-102 |
| 2.1.2 轴承性能估算 .....           | 21-102 |
| 2.2 止推轴承 .....               | 21-104 |
| 3 悬臂型箔轴承 .....               | 21-105 |
| 3.1 径向轴承 .....               | 21-105 |
| 3.2 止推轴承 .....               | 21-106 |

## 第 11 章 自润滑轴承

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 1 自润滑轴承的分类与计算准则 ..... | 21-107 |
| 1.1 分类与特性 .....       | 21-107 |
| 1.1.1 分类 .....        | 21-107 |
| 1.1.2 特性 .....        | 21-108 |
| 1.2 计算准则 .....        | 21-108 |
| 1.2.1 耐磨性准则 .....     | 21-108 |
| 1.2.2 静强度准则 .....     | 21-108 |
| 1.2.3 耐热性准则 .....     | 21-108 |
| 2 无润滑轴承 .....         | 21-108 |
| 2.1 无润滑轴承的结构和材料 ..... | 21-108 |
| 2.1.1 轴瓦材料 .....      | 21-108 |
| 2.1.2 轴瓦结构 .....      | 21-111 |
| 2.1.3 轴瓦安装 .....      | 21-111 |
| 2.2 设计参数 .....        | 21-111 |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 2.2.1 宽径比 $\bar{B}$ .....  | 21-111 |
| 2.2.2 内外径比 $\bar{D}$ ..... | 21-111 |
| 2.2.3 轴承间隙 .....           | 21-111 |
| 2.2.4 轴瓦壁厚 .....           | 21-112 |
| 2.2.5 表面粗糙度 .....          | 21-112 |
| 2.3 运转性能 .....             | 21-112 |
| 2.3.1 磨损率 .....            | 21-112 |
| 2.3.2 $p-v$ 曲线 .....       | 21-113 |
| 2.4 设计程序 .....             | 21-114 |
| 3 含油轴承 .....               | 21-114 |
| 3.1 粉末冶金含油轴承 .....         | 21-115 |
| 3.1.1 参数选择 .....           | 21-115 |
| 3.1.2 润滑与润滑油 .....         | 21-116 |
| 3.1.3 许用载荷 .....           | 21-117 |
| 3.2 铸铜合金含油轴承 .....         | 21-117 |
| 3.3 成长铸铁含油轴承 .....         | 21-117 |
| 3.4 聚合物含油轴承 .....          | 21-117 |
| 3.4.1 聚合物含油轴承的特性 .....     | 21-117 |
| 3.4.2 酚醛含油轴承 .....         | 21-118 |
| 3.5 青铜石墨含油轴承 .....         | 21-118 |
| 4 固体润滑轴承 .....             | 21-118 |
| 4.1 覆膜轴承 .....             | 21-119 |
| 4.1.1 成膜方法 .....           | 21-119 |
| 4.1.2 覆膜轴承 .....           | 21-120 |
| 4.2 烧结轴承 .....             | 21-120 |
| 4.3 浸渍复合轴承 .....           | 21-120 |
| 4.4 镶嵌轴承 .....             | 21-121 |

## 第 12 章 电 磁 轴 承

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 1 静电轴承 .....           | 21-122 |
| 1.1 无源型静电轴承 .....      | 21-122 |
| 1.1.1 静电平面止推轴承 .....   | 21-122 |
| 1.1.2 圆柱和圆锥形静电轴承 ..... | 21-123 |
| 1.1.3 球形静电轴承 .....     | 21-124 |
| 1.2 有源型静电轴承 .....      | 21-124 |
| 1.3 静电轴承的设计步骤 .....    | 21-125 |
| 2 磁力轴承 .....           | 21-126 |
| 2.1 分类与应用 .....        | 21-126 |
| 2.2 无源型磁力轴承 .....      | 21-129 |
| 2.2.1 永磁式磁力轴承 .....    | 21-129 |
| 2.2.2 激励式磁力轴承 .....    | 21-130 |
| 2.3 有源型磁力轴承 .....      | 21-133 |
| 2.4 磁力轴承材料 .....       | 21-134 |

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 2.4.1 永磁材料 .....   | 21-134 |
| 2.4.2 软磁材料 .....   | 21-135 |
| 2.4.3 超导磁性材料 ..... | 21-135 |

### 第 13 章 其他支承

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 1 水润滑轴承 .....                  | 21-136 |
| 1.1 塑料轴承 .....                 | 21-136 |
| 1.1.1 轴瓦材料 .....               | 21-136 |
| 1.1.2 轴承型式、尺寸与公差 .....         | 21-136 |
| 1.1.3 承载能力 .....               | 21-137 |
| 1.1.4 使用注意事项 .....             | 21-137 |
| 1.1.5 标记方法 .....               | 21-137 |
| 1.2 橡胶轴承 .....                 | 21-138 |
| 1.2.1 轴套材料 .....               | 21-138 |
| 1.2.2 轴套型式、尺寸与公差 .....         | 21-138 |
| 1.2.3 承载能力 .....               | 21-139 |
| 1.2.4 使用注意事项 .....             | 21-139 |
| 2 宝石支承 .....                   | 21-139 |
| 2.1 结构 .....                   | 21-139 |
| 2.2 设计与计算 .....                | 21-140 |
| 2.2.1 注意要点 .....               | 21-140 |
| 2.2.2 计算 .....                 | 21-140 |
| 2.3 尺寸规格 .....                 | 21-140 |
| 3 交叉弹性带挠性支承 .....              | 21-143 |
| 3.1 特性与应用 .....                | 21-143 |
| 3.1.1 弹性带上的作用力及其<br>承载能力 ..... | 21-143 |
| 3.1.2 扭转弹性系数 .....             | 21-143 |
| 3.1.3 中心偏移 .....               | 21-144 |
| 3.2 弹性带的计算 .....               | 21-144 |
| 3.2.1 带的材料 .....               | 21-144 |
| 3.2.2 带的尺寸 .....               | 21-144 |
| 3.2.3 校核计算 .....               | 21-144 |

### 第 14 章 轴瓦与轴承座的标准型式与尺寸

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 1 标准轴瓦型式与尺寸 .....       | 21-148 |
| 1.1 卷制轴套 .....          | 21-148 |
| 1.1.1 卷制轴套的型式与尺寸 .....  | 21-148 |
| 1.1.2 覆有减摩层的双金属轴套 ..... | 21-150 |
| 1.2 整体轴套 .....          | 21-151 |
| 1.3 烧结轴套 .....          | 21-152 |
| 1.3.1 圆柱轴套 .....        | 21-152 |
| 1.3.2 翻边轴套 .....        | 21-152 |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 1.3.3 球面轴套 .....       | 21-153 |
| 1.3.4 青铜石墨含油轴套 .....   | 21-153 |
| 1.4 镶嵌轴套 .....         | 21-154 |
| 1.5 止推垫圈 .....         | 21-155 |
| 1.5.1 整圆止推垫圈 .....     | 21-155 |
| 1.5.2 半圆止推垫圈 .....     | 21-156 |
| 2 轴承座 .....            | 21-157 |
| 2.1 整体有衬正滑动轴承座 .....   | 21-157 |
| 2.2 对开式二螺柱正滑动轴承座 ..... | 21-157 |
| 2.3 对开式四螺柱正滑动轴承座 ..... | 21-158 |
| 2.4 对开式四螺柱斜滑动轴承座 ..... | 21-158 |

### 第 15 章 滑动轴承的损坏与监测

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 1 滑动轴承损坏的类型 .....            | 21-159 |
| 1.1 刮伤(二体磨粒磨损) .....         | 21-159 |
| 1.2 (三体)磨粒磨损 .....           | 21-159 |
| 1.3 粘附磨损(咬粘) .....           | 21-159 |
| 1.4 剥落 .....                 | 21-159 |
| 1.5 剥离 .....                 | 21-159 |
| 1.6 腐蚀磨损 .....               | 21-159 |
| 1.7 侵蚀 .....                 | 21-159 |
| 1.7.1 气蚀 .....               | 21-159 |
| 1.7.2 流体侵蚀 .....             | 21-160 |
| 1.7.3 电侵蚀 .....              | 21-160 |
| 1.8 微动磨损 .....               | 21-160 |
| 2 滑动轴承损伤的原因 .....            | 21-160 |
| 2.1 金相组织缺陷 .....             | 21-160 |
| 2.1.1 衬层与瓦背结合不良 .....        | 21-160 |
| 2.1.2 气孔 .....               | 21-160 |
| 2.1.3 晶粒粗大 .....             | 21-160 |
| 2.1.4 铅分布不均匀 .....           | 21-160 |
| 2.2 安装与运转因素 .....            | 21-160 |
| 2.2.1 装配不良 .....             | 21-160 |
| 2.2.2 颗粒侵入 .....             | 21-160 |
| 2.2.3 腐蚀 .....               | 21-160 |
| 2.2.4 润滑剂粘度不够和油量<br>不足 ..... | 21-160 |
| 3 改善措施 .....                 | 21-161 |
| 4 滑动轴承的状态监测 .....            | 21-163 |
| 4.1 振动监测 .....               | 21-163 |
| 4.2 磨损监测 .....               | 21-163 |
| 4.3 温度监测 .....               | 21-164 |
| 参考文献 .....                   | 21-164 |

## 第 22 篇 联轴器、离合器与制动器

### 第 1 章 联轴器概述

|                                        |       |                                                             |       |
|----------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|-------|
| 1 联轴器的分类 .....                         | 22-3  | 2.2.2 滑块联轴器 (JB/ZQ4384—1986) .....                          | 22-21 |
| 2 联轴器的选择 .....                         | 22-3  | 3 齿式联轴器 .....                                               | 22-23 |
| 2.1 联轴器类型的选择 .....                     | 22-3  | 3.1 齿式联轴器的两轴相对位移 .....                                      | 22-24 |
| 2.2 联轴器的选用计算 (JB/T 7511—1994) .....    | 22-3  | 3.2 齿式联轴器的计算 .....                                          | 22-24 |
| 3 联轴器的性能比较 .....                       | 22-4  | 3.3 齿式联轴器的主要尺寸关系及制造精度 .....                                 | 22-25 |
| 4 联轴器轴孔和联接型式与尺寸 (GB/T 3852—1997) ..... | 22-9  | 3.4 标准齿式联轴器介绍 .....                                         | 22-26 |
| 4.1 联轴器轴孔型式及其代号 .....                  | 22-9  | 3.4.1 G I C L 型、G I C L Z 型鼓形齿式联轴器 (JB/T 8854.3—2001) ..... | 22-26 |
| 4.2 联轴器轴孔的键槽型式及其代号 .....               | 22-9  | 3.4.2 G I C L 型、G I C L Z 型鼓形齿式联轴器 (JB/T 8854.2—2001) ..... | 22-26 |
| 4.3 联轴器轴孔与轴伸的配合 .....                  | 22-11 | 3.4.3 T G L 型鼓形齿式联轴器 (JB/T 5514—1991) .....                 | 22-26 |
| 4.4 联轴器轴孔和键槽的型式及尺寸的标记 .....            | 22-12 | 3.4.4 G C L D 型鼓形齿式联轴器 (JB/T 8854.1—2001) .....             | 22-26 |
| 5 联轴器轮毂与轴的固定 .....                     | 22-12 | 4 滚子链联轴器 (GB/T 6069—2002) .....                             | 22-36 |
| 6 联轴器的安装与调整 .....                      | 22-12 | 4.1 滚子链联轴器的强度计算 .....                                       | 22-37 |
|                                        |       | 4.2 滚子链联轴器的主要尺寸关系 .....                                     | 22-37 |

### 第 2 章 固定式刚性联轴器

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 1 套筒联轴器 .....                  | 22-14 |
| 1.1 套筒联轴器的强度计算 .....           | 22-14 |
| 1.2 套筒联轴器的主要尺寸关系 .....         | 22-15 |
| 2 凸缘联轴器 (GB/T 5843—2003) ..... | 22-16 |
| 2.1 凸缘联轴器的强度计算 .....           | 22-16 |
| 2.2 凸缘联轴器的主要尺寸关系 .....         | 22-16 |
| 3 夹壳联轴器 .....                  | 22-18 |
| 3.1 夹壳联轴器的强度计算 .....           | 22-18 |
| 3.2 夹壳联轴器的主要尺寸关系 .....         | 22-18 |
| 4 紧箍夹壳联轴器 .....                | 22-19 |
| 4.1 紧箍夹壳联轴器的计算 .....           | 22-19 |
| 4.2 紧箍夹壳联轴器的主要尺寸关系 .....       | 22-19 |

### 第 3 章 可移式刚性联轴器

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 1 两轴的相对位移 .....        | 22-20 |
| 2 滑块联轴器 .....          | 22-20 |
| 2.1 滑块联轴器的强度计算 .....   | 22-21 |
| 2.2 滑块联轴器的主要尺寸关系 ..... | 22-21 |
| 2.2.1 金属滑块联轴器 .....    | 22-21 |

### 第 4 章 万向联轴器

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| 1 概述 .....                               | 22-39 |
| 2 十字轴式万向联轴器 .....                        | 22-39 |
| 2.1 十字轴式单万向联轴器的运动分析 .....                | 22-39 |
| 2.2 十字轴式双万向联轴器的运动分析 .....                | 22-40 |
| 2.3 十字轴式万向联轴器的传动效率 .....                 | 22-41 |
| 2.4 十字轴式万向联轴器的受力分析 .....                 | 22-41 |
| 2.5 十字轴式万向联轴器的结构和计算 .....                | 22-41 |
| 2.5.1 小型十字轴式万向联轴器 (JB/T 5901—1991) ..... | 22-41 |
| 2.5.2 大型十字轴式万向联轴器的主要元件 .....             | 22-44 |
| 2.5.3 S W C 型整体叉头十字轴式万                   |       |