

高等学校教材

机械设计

(第四版)

邱宣怀 郭可谦 吴宗泽 汤绍模 编著
郭芝俊 黄纯颖 杨景蕙
邱宣怀 主编



高等教育出版社

TH122

A78-2

(4)

446373

高等学校教材

机械设计

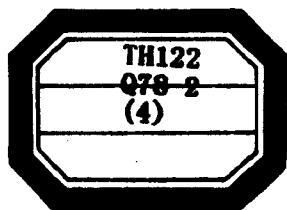
第四版

邱宣怀 郭可谦 吴宗泽 汤绍模 编著
郭芝俊 黄纯颖 杨景蕙

邱宣怀 主编



00446373



高等教育出版社

(京)112号

内容简介

本书第四版是根据国家教委高教司批准印发的高等学校工科本科《机械设计课程教学基本要求》(机械类专业适用,1995年修订版)的精神修订的。本版更新了部分内容,例如渐开线圆柱齿轮、锥齿轮承载能力计算方法,滚动轴承的代号和表示方法,动载荷和静载荷计算,窄V带传动等。在拓宽知识面、加强归纳和综合等方面也适当增加了一些内容。

全书分5篇共21章。第1篇总论,第2篇联接,第3篇传动,第4篇轴、轴承、联轴器,第5篇其他零件。

本书可作为高等学校机械类专业机械设计课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/邱宣怀等编著. —4版. —北京:高等教育出版社,1997(1998重印)

高等学校教材

ISBN 7-04-005667-4

I. 机… I. 邱… III. 机械设计-高等学校-教材 IV. T
H122

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第02301号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街55号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

化学工业出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 30 字数 740 000

1965年1月第1版

1997年7月第4版 1998年6月第3次印刷

印数 29 105—37 114

定价 23.60元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

第四版序

本书第四版是根据国家教委高教司批准印发的高等学校工科本科《机械设计课程教学基本要求》(机械类专业适用,1995年修订版)的精神修订的。

从1989年本书第三版发行以来,已有不少机械零件的国家标准重新修订,新修订的标准更向国际标准靠拢。新产品、优质产品和出口产品优先采用国际标准是我国既定的科学技术政策。为了适应当前市场发展的需要,也为了满足教育改革的需要,有必要对本书再次修订。

本次修订着重在更新内容方面,计有:渐开线圆柱齿轮、锥齿轮承载能力计算方法,滚动轴承的代号和表示方法、额定动载荷和额定寿命、额定静载荷,V带、窄V带和同步带传动,花键联接等等。乘此次修订机会,液体动力润滑径向轴承的计算直接引用了ISO提供的方法(因尚无国标)。蜗杆传动承载能力计算和液体动力润滑推力轴承计算也相应作了变更。有必要指出,教材有其自身的特点和要求,既要便于教,也要便于学,所以书中的有些公式、图、表的表达方式是经过适当归纳、简化和整理的,在有关章中已作了说明。

在开阔视野、拓宽知识面、加强综合等方面又在前一版的基础上适当增加了一些内容,希望对读者扩展思路有所帮助。

在贯彻标准规定的量的符号方面,也做了一些统一工作,例如力的符号过去用 R 、 N 、 Q 等,现一律改为 F_R 、 F_N 、 F_Q 等。但同时也要照顾到各专业标准、各学科本身常用的符号以及教材本身已长期使用的符号,因此要做到完全统一还有不少困难。

国家教委非常重视进一步深化教学改革,要求“九五”期间高等教育要立足改革,加大力度,更新观念,全面贯彻落实《中国教育发展和改革纲要》。为了推进面向21世纪高等工程教育的教学内容和课程体系的改革计划,要使“九五”期间教材建设工作上一个新台阶。“不管是新编还是修订或重印,其着眼点均应放在课程体系和教学内容改革以及教学手段和方法改革上,使学生的素质、知识和能力更好地适应市场经济和新技术发展的需要,增强学生的适应性、工程实践能力和创造性,而且也是把提高水平和质量作为重点。”^①

本版虽在教学内容改革方面做了一些工作,但由于对教委文件精神的学习、消化不够,肯定存在不少差距,衷心欢迎广大教师和读者提出宝贵意见。

参加本版修订工作的有:邱宣怀——第1、4、10、13、15、19、20、21章,郭可谦——第6、7、8、9章,吴宗泽——第16、17章,汤绍模——第5、12章,郭芝俊——第2、3章,黄纯颖——第18章,杨景蕙——第11、14章。全书由邱宣怀负责修订。

本版由全永昕教授审阅,他对本书提出很多宝贵意见,在此深致谢意。

原书作者之一朱景梓教授和曾负责主审的陈近朱教授已先后谢世,我们对两位老教授致以诚挚的悼念。

作者

1996年10月

^① 见国家教委高教司《关于制定高等学校工科本科基础课程及有关专业“九五”教材建设规划的原则意见(讨论稿)》,1995。

第一版序

这本教材是根据 1962 年 5 月审订的高等工业学校本科五年制机械制造类各专业适用的“机械零件教学大纲(试行草案)”编写的。编写过程中,编者在贯彻“少而精”原则方面虽曾进行一些探索,但限于水平,深感距当前教学改革形势的要求相差仍远。目前,教学改革正在我国迅速开展,估计到这本教材和读者见面之日,这个差距将会更大。因此,使用本教材时,如何把最主要的内容教给学生还有待讲课教师的努力。

目前,机械类各专业的教学计划对机械零件规定的教学时数还不尽相同,而各专业对具体内容的要求也不完全一致,例如某些专业对液体摩擦润滑、螺纹联接等内容可能要求多些、深些,而另一些专业却要求少些、浅些。为使教材有较大的适应性,一般说来各章都是按较高要求编写的。所以有些内容对某些专业不免偏多,这一点也希望使用本书的教师加以注意。

过去我国出版的教材,在符号和符号脚注字的使用上比较混乱。考虑到汉语拼音在国家标准和其他各方面都在广泛采用,所以本书中也做了一些尝试:凡是国际上较通用的脚注字仍保留原样,其他脚注字则改用汉语拼音字母而不采用外文缩写。这样做,对已习惯于外文脚注字的同志来说可能不甚方便,但编者认为虽然安排上还有待商榷,但作为改革方向,似有提倡的必要。

书中用小号字排印的内容,可根据具体情况决定是否讲授。

参加本书编写的有:许镇宇(设计总论,铆钉联接,焊接,皮带传动);朱景梓(齿轮传动,蜗轮传动);郑林庆(轴,滑动轴承,滚动轴承);邱宣怀(摩擦轮传动,链传动,减速机,联轴器和离合器,弹簧,机架零件);郭可谦(过盈配合联接,螺纹联接,键、花键、无键、楔和销联接);并由许镇宇担任主编。

编者衷心希望对本书提出宝贵的意见和批评。意见和批评请寄北京景山东街 45 号高等教育出版社转。

编者

1964 年 5 月

基本符号表

| | | | |
|----------|-----------------|--------------------------------|--------------------|
| A | 面积, 振幅 | U | 速度 |
| a | 中心距, 距离, 系数 | u | 齿数比, 速度 |
| B | 宽度 | V | 体积 |
| b | 宽度 | v | 速度 |
| C | 常数, 旋绕比, 系数 | W | 截面系数 |
| c | 刚度, 系数, 间隙 | w | 单位宽度载荷 |
| D | 直径, 孔径 | X | 系数 |
| d | 直径, 轴径 | x | 坐标, 系数 |
| E | 弹性模量, 能 | Y | 系数 |
| e | 偏心距 | y | 坐标, 距离, 挠度 |
| F | 作用力, 载荷 | Z | 系数 |
| f | 系数, 垂度 | z | 坐标, 距离 |
| G | 切变模量, 重力 | α | 表面传热系数, 角度 |
| H | 高度 | $\beta, \lambda, \theta, \phi$ | 角度 |
| h | 间隙, 距离, 系数 | δ | 厚度, 过盈量, 间隙 |
| I, I_p | 惯性矩, 极惯性矩 | ϵ | 偏心率, 磨损量(率), 指数 |
| i | 数, 传动比 | η | 动力粘度, 效率 |
| K | 系数 | λ | 变形量 |
| k | 系数 | μ | 摩擦系数, 泊松比 |
| L | 寿命, 长度 | ν | 运动粘度 |
| l | 长度, 距离 | ρ | 曲率半径, 密度 |
| M | 弯矩, 力矩 | ψ | 相对间隙, 系数, 升角, 轮宽系数 |
| m | 质量, 指数, 模数 | ω | 角速度 |
| N | 循环次数 | σ | 正应力, 拉应力 |
| n | 转速, 数 | σ_c | 压应力 |
| O | 中心 | σ_b | 弯曲应力 |
| P | 传动功率 | σ_p | 挤压应力 |
| p | 压强, 节距, 螺距 | σ_H | 接触应力 |
| Q | 热量 | τ, τ_T | 切应力 |
| q | 磨损量, 流量, 单位长度质量 | σ_B, τ_B | 强度极限 |
| R | 半径, 可靠度, 粗糙度 | σ_S, τ_S | 屈服极限 |
| r | 半径 | σ_r | 疲劳极限 |
| S | 安全系数 | σ_{bb} | 弯曲强度极限 |
| s | 厚度 | σ_{sc} | 压缩屈服极限 |
| T | 转矩, 温度 | σ_{lim} | 极限应力 |
| t | 时间, 摄氏温度(°C) | | |

| | | |
|-------------------------|--|-----------------------------------|
| σ_a, τ_a 应力幅 | | σ_{-1}, τ_{-1} 对称循环疲劳极限 |
| σ_m, τ_m 平均应力 | | σ_0, τ_0 脉动循环疲劳极限 |

注:除本表所列符号及其基本意义外,各章还有其他一些符号或意义,初次出现时另作说明。

目 录

| | |
|-------------|---|
| 第四版序 | 1 |
| 第一版序 | 1 |
| 基本符号表 | 1 |

第 1 篇 总 论

| | | | |
|-----------------------------------|----|--------------------------------|----|
| 第 1 章 机械设计概论 | 1 | 2.3.3 表面挤压强度 | 21 |
| 1.1 课程性质和任务 | 1 | 2.3.4 表面磨损强度 | 22 |
| 1.2 设计机器的基本原则和设计程序 | 2 | 2.3.5 提高表面磨损强度的主要措施 | 22 |
| 1.2.1 设计机器时应满足的要求 | 2 | 2.4 机械零件的刚度 | 23 |
| 1.2.2 设计方法 | 3 | 2.4.1 刚度的影响 | 23 |
| 1.2.3 设计程序 | 3 | 2.4.2 刚度计算概述 | 23 |
| 1.2.4 技术经济评价 | 4 | 2.4.3 影响刚度的因素及其改进措施 | 23 |
| 1.3 机械零件设计概述 | 5 | 2.5 机械零件的冲击强度 | 25 |
| 1.3.1 设计机械零件时应满足的要求 | 5 | 2.5.1 冲击强度和冲击变形计算 | 25 |
| 1.3.2 设计步骤 | 5 | 2.5.2 提高机械零件冲击强度和缓冲能力的措施 | 26 |
| 1.3.3 设计计算和校核计算 | 6 | 2.6 温度对机械零件工作能力的影响 | 28 |
| 1.3.4 标准化、系列化、通用化 | 7 | 2.6.1 温度对摩擦磨损过程的影响 | 28 |
| 1.4 结构设计 | 7 | 2.6.2 温度对材料膨胀和收缩的影响 | 28 |
| 1.5 设计的检查 | 8 | 2.6.3 温度对材料力学性能的影响 | 29 |
| 1.6 设计人员的素质 | 8 | 2.7 机械零件的振动稳定性 | 30 |
| 1.7 机械设计的新发展 | 9 | 2.7.1 振动稳定性 | 30 |
| 第 2 章 机械零件的工作能力和计算准则 | 11 | 2.7.2 振动稳定性计算概述 | 30 |
| 2.1 载荷和应力的分类 | 11 | 2.7.3 减轻振动的措施 | 31 |
| 2.1.1 载荷分类 | 11 | 2.8 机械零件的可靠性 | 31 |
| 2.1.2 应力分类 | 12 | 2.8.1 可靠性概念 | 31 |
| 2.2 机械零件的强度 | 13 | 2.8.2 机械零件的可靠性计算 | 33 |
| 2.2.1 两种判断零件强度的方法 | 13 | 2.8.3 串联系统可靠度 | 35 |
| 2.2.2 静应力强度 | 14 | 2.8.4 提高机械零件可靠性的措施 | 35 |
| 2.2.3 变应力强度 | 15 | 第 3 章 机械零件的疲劳强度 | 36 |
| 2.2.4 许用安全系数 | 15 | 3.1 疲劳断裂特征 | 36 |
| 2.2.5 提高机械零件强度的措施 | 16 | 3.2 疲劳曲线和疲劳极限应力图 | 37 |
| 2.3 机械零件的表面强度 | 18 | 3.2.1 疲劳曲线 | 37 |
| 2.3.1 表面接触强度 | 18 | 3.2.2 疲劳极限应力图 | 39 |
| 2.3.2 提高表面接触强度的主要措施 | 21 | 3.3 影响机械零件疲劳强度的主要因素 | 41 |
| | | 3.3.1 应力集中的影响 | 41 |

| | | | |
|--------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 6.1.3 螺纹公差和精度 | 102 | 7.2.1 花键联接的分类和构造 | 126 |
| 6.2 螺栓联接的拧紧和防松 | 102 | 7.2.2 花键联接的计算 | 127 |
| 6.2.1 螺栓联接的拧紧 | 102 | 7.3 销联接 | 128 |
| 6.2.2 螺纹联接的防松 | 103 | 7.4 成形联接 | 129 |
| 6.3 单个螺栓联接的受力和强度 计算 | 105 | 第 8 章 过盈联接 | 130 |
| 6.3.1 受拉螺栓联接 | 105 | 8.1 圆柱面过盈联接 | 131 |
| 6.3.2 受剪螺栓联接 | 109 | 8.1.1 传递载荷所需要的最小压强 | 131 |
| 6.3.3 许用应力 | 110 | 8.1.2 传递载荷所需要的最小过盈 | 132 |
| 6.4 螺栓组联接的受力分析 | 112 | 8.1.3 被联接件的应力及强度计算 | 133 |
| 6.4.1 受轴向力 F_Q 的螺栓组联接 | 112 | 8.1.4 装拆压力 | 134 |
| 6.4.2 受横向力 F_R 的螺栓组联接 | 112 | 8.1.5 装配温度 | 134 |
| 6.4.3 受旋转载矩 T 的螺栓组联接 | 113 | 8.1.6 提高过盈联接承载能力的措施 | 136 |
| 6.4.4 受翻转力矩 M 的螺栓组联接 | 114 | 8.2 圆锥面过盈联接 | 137 |
| 6.5 提高螺栓联接强度的措施 | 114 | 8.3 弹性环联接 | 138 |
| 6.5.1 均匀螺纹牙受力分配 | 115 | 第 9 章 铆接、焊接、胶接 | 140 |
| 6.5.2 减小附加应力 | 116 | 9.1 铆接 | 140 |
| 6.5.3 减轻应力集中 | 117 | 9.1.1 铆接的应用 | 140 |
| 6.5.4 降低应力幅 | 117 | 9.1.2 铆缝 | 141 |
| 6.5.5 选择恰当的预紧力并保持不减退 | 118 | 9.1.3 铆接的工作原理 | 142 |
| 6.5.6 改善制造工艺 | 118 | 9.1.4 铆缝的强度计算 | 142 |
| 6.6 螺旋传动 | 118 | 9.1.5 铆缝的等强度条件 | 143 |
| 6.6.1 滑动螺旋传动 | 119 | 9.1.6 铆缝的强度系数 | 144 |
| 6.6.2 滚动螺旋传动简介 | 121 | 9.2 焊接 | 144 |
| 6.6.3 静压螺旋传动简介 | 122 | 9.2.1 焊缝的式样 | 146 |
| 第 7 章 键、花键、销、成形联接 | 123 | 9.2.2 焊缝的强度计算 | 148 |
| 7.1 键联接 | 123 | 9.2.3 焊接材料和许用应力 | 149 |
| 7.1.1 键联接的分类和构造 | 123 | 9.2.4 影响焊缝强度的因素和提高焊缝强 度的结构措施 | 150 |
| 7.1.2 平键联接和半圆键联接的计算 | 125 | 9.3 胶接 | 152 |
| 7.2 花键联接 | 126 | 9.3.1 胶接接头 | 152 |
| | | 9.3.2 胶接剂 | 153 |
| | | 第 3 篇 传 动 | |
| 第 10 章 摩擦轮传动 | 163 | 10.3 摩擦轮材料 | 166 |
| 10.1 概述 | 163 | 10.4 圆柱摩擦轮传动计算 | 167 |
| 10.1.1 分类 | 163 | 10.4.1 传动比 | 167 |
| 10.1.2 优缺点 | 164 | 10.4.2 压紧力计算 | 167 |
| 10.1.3 应用范围 | 164 | 10.4.3 表面接触强度计算 | 167 |
| 10.2 摩擦轮传动中的滑动 | 164 | 10.4.4 条件性计算 | 169 |
| 10.2.1 弹性滑动和打滑 | 164 | 10.4.5 作用在轴上的载荷 | 169 |
| 10.2.2 几何滑动 | 165 | 10.4.6 功率损失、效率和热平衡计算 | 169 |

| | | | |
|---------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 10.5 圆锥摩擦轮传动计算 | 171 | 12.3.3 齿面胶合 | 208 |
| 10.6 摩擦轮结构和传动压紧装置 | 172 | 12.3.4 齿面磨粒磨损 | 209 |
| 10.6.1 摩擦轮结构 | 172 | 12.3.5 齿面塑性流动 | 209 |
| 10.6.2 摩擦轮传动的压紧装置 | 172 | 12.3.6 计算准则 | 209 |
| 10.7 摩擦无级变速器简介 | 173 | 12.4 齿轮材料及其热处理 | 209 |
| 第 11 章 带传动 | 176 | 12.4.1 齿轮材料 | 209 |
| 11.1 概述 | 176 | 12.4.2 齿轮热处理 | 210 |
| 11.1.1 传动形式 | 176 | 12.5 圆柱齿轮传动(外啮合)的几何计算 | 212 |
| 11.1.2 优缺点 | 177 | 12.6 圆柱齿轮传动的载荷计算 | 213 |
| 11.1.3 应用范围 | 177 | 12.6.1 直齿圆柱齿轮传动的受力分析 | 213 |
| 11.2 带和带轮 | 177 | 12.6.2 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析 | 214 |
| 11.2.1 平带和带轮 | 177 | 12.6.3 计算载荷 | 214 |
| 11.2.2 V带和带轮 | 178 | 12.7 直齿圆柱齿轮传动的强度计算 | 219 |
| 11.2.3 带轮轮辐计算 | 180 | 12.7.1 齿面接触疲劳强度计算 | 219 |
| 11.3 带传动的几何计算 | 181 | 12.7.2 齿根弯曲疲劳强度计算 | 227 |
| 11.4 带传动的计算基础 | 182 | 12.7.3 静强度校核计算 | 232 |
| 11.4.1 作用力分析 | 182 | 12.8 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 | 237 |
| 11.4.2 带的应力 | 183 | 12.8.1 齿面接触疲劳强度计算 | 237 |
| 11.4.3 弹性滑动、打滑和滑动率 | 184 | 12.8.2 齿根弯曲疲劳强度计算 | 238 |
| 11.4.4 带传动的疲劳强度 | 185 | 12.8.3 静强度校核计算 | 239 |
| 11.4.5 提高带传动工作能力的措施 | 186 | 12.9 直齿锥齿轮传动 | 243 |
| 11.5 V带传动设计 | 186 | 12.9.1 几何计算 | 243 |
| 11.5.1 V带传动和平带传动的比较 | 186 | 12.9.2 受力分析 | 245 |
| 11.5.2 传动参数的选择 | 187 | 12.9.3 齿面接触疲劳强度计算 | 245 |
| 11.6 平带传动设计 | 197 | 12.9.4 齿根弯曲疲劳强度计算 | 246 |
| 11.7 带传动的张紧装置 | 198 | 12.10 齿轮传动的效率和润滑 | 251 |
| 11.8 同步带传动设计 | 198 | 12.10.1 齿轮传动的效率 | 251 |
| 11.9 其他带传动简介 | 202 | 12.10.2 齿轮传动的润滑 | 251 |
| 11.9.1 高速带传动 | 202 | 12.11 齿轮结构 | 252 |
| 11.9.2 多楔带传动 | 203 | 12.12 曲线齿锥齿轮传动和准双曲面 齿轮传动简介 | 253 |
| 第 12 章 齿轮传动 | 204 | 12.12.1 曲线齿锥齿轮传动 | 253 |
| 12.1 概述 | 204 | 12.12.2 准双曲面齿轮传动 | 254 |
| 12.1.1 优缺点 | 204 | 12.13 圆弧齿轮传动简介 | 254 |
| 12.1.2 分类 | 204 | 12.13.1 单圆弧齿轮传动 | 255 |
| 12.1.3 基本要求 | 204 | 12.13.2 双圆弧齿轮传动 | 256 |
| 12.2 齿轮传动的主要参数 | 205 | 第 13 章 蜗杆传动 | 257 |
| 12.2.1 主要参数 | 205 | 13.1 概述 | 257 |
| 12.2.2 精度等级的选择 | 206 | 13.1.1 特点和应用 | 257 |
| 12.3 齿轮传动的失效形式 | 207 | 13.1.2 分类 | 257 |
| 12.3.1 轮齿折断 | 207 | 13.1.3 精度等级的选择 | 258 |
| 12.3.2 齿面接触疲劳磨损(点蚀) | 208 | | |

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------------------|-----|
| 13.2 蜗杆传动的失效形式、材料选择和结构 | 259 | 14.2 链传动的零件和材料 | 281 |
| 13.2.1 失效形式 | 259 | 14.2.1 传动链 | 281 |
| 13.2.2 材料选择 | 259 | 14.2.2 链轮 | 283 |
| 13.2.3 蜗杆和蜗轮的结构 | 260 | 14.2.3 链和链轮的材料 | 284 |
| 13.3 圆柱蜗杆传动的基本参数 | 261 | 14.3 链传动的运动特性 | 285 |
| 13.3.1 基本齿廓 | 261 | 14.3.1 传动比、链速和速度不均匀性 | 285 |
| 13.3.2 模数 m | 261 | 14.3.2 链传动的动载荷 | 286 |
| 13.3.3 齿形角 α_0 | 262 | 14.4 链传动的受力分析 | 287 |
| 13.3.4 蜗杆分度圆直径 d_1 | 262 | 14.5 滚子链传动的计算 | 288 |
| 13.3.5 蜗杆直径系数 q | 263 | 14.5.1 额定功率曲线 | 288 |
| 13.3.6 蜗杆导程角 γ | 263 | 14.5.2 额定功率 | 288 |
| 13.3.7 蜗杆头数 z_1 、蜗轮齿数 z_2 | 263 | 14.5.3 主要参数的选择 | 289 |
| 13.3.8 传动比 i 、齿数比 u | 263 | 14.6 齿形链传动的计算 | 292 |
| 13.3.9 中心距 a | 264 | 14.6.1 齿形链传动的基本参数 | 292 |
| 13.3.10 变位系数 | 264 | 14.6.2 齿形链传动的计算功率 | 292 |
| 13.4 圆柱蜗杆传动的几何计算 | 265 | 14.6.3 齿形链链宽 | 292 |
| 13.5 蜗杆传动受力分析和效率计算 | 266 | 14.7 链传动的合理布置和张紧方法 | 293 |
| 13.5.1 蜗杆传动中的作用力 | 266 | 14.7.1 链传动的合理布置 | 293 |
| 13.5.2 蜗杆传动的效率 | 267 | 14.7.2 张紧方法 | 294 |
| 13.6 圆柱蜗杆传动的强度计算 | 269 | 14.8 链传动的润滑、护罩或链条箱 | 294 |
| 13.6.1 初选 $[d_1/a]$ 值 | 269 | 14.8.1 链传动的润滑 | 294 |
| 13.6.2 蜗轮齿面接触疲劳强度计算 | 270 | 14.8.2 护罩或链条箱 | 295 |
| 13.6.3 蜗轮轮齿弯曲疲劳强度计算 | 272 | 第 15 章 减速器 | 297 |
| 13.7 蜗杆轴挠度计算 | 272 | 15.1 减速器的主要型式及其特性 | 297 |
| 13.8 温度计算 | 272 | 15.1.1 圆柱齿轮减速器 | 297 |
| 13.8.1 润滑油工作温度 | 272 | 15.1.2 圆锥齿轮减速器 | 298 |
| 13.8.2 冷却方法和计算 | 273 | 15.1.3 蜗杆减速器 | 298 |
| 13.9 蜗杆传动的润滑 | 274 | 15.1.4 齿轮-蜗杆减速器 | 299 |
| 13.9.1 润滑油粘度和润滑方法 | 274 | 15.1.5 行星齿轮减速器 | 299 |
| 13.9.2 蜗杆布置与润滑方式 | 275 | 15.1.6 轴装式减速器 | 300 |
| 13.10 提高圆柱蜗杆传动承载能力的措施 | 277 | 15.1.7 组装式减速器 | 300 |
| 13.11 环面蜗杆传动简介 | 278 | 15.1.8 多安装式减速器 | 300 |
| 附录 | 279 | 15.1.9 联体式减速器 | 301 |
| 第 14 章 链传动 | 280 | 15.2 传动比分配 | 302 |
| 14.1 概述 | 280 | 15.3 减速器结构 | 303 |
| 14.1.1 优缺点 | 280 | 15.3.1 传统型减速器结构 | 303 |
| 14.1.2 链的种类 | 280 | 15.3.2 新型减速器结构 | 303 |
| 14.1.3 应用范围 | 280 | 15.4 减速器润滑 | 305 |
| | | 15.4.1 传动的润滑 | 305 |
| | | 15.4.2 轴承的润滑 | 307 |
| | | 15.5 减速器试验 | 308 |

第4篇 轴、轴承、联轴器

| | | | |
|------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 第16章 轴 | 309 | 17.7.1 径向轴承 | 341 |
| 16.1 概述 | 309 | 17.7.2 推力轴承 | 342 |
| 16.1.1 轴的分类 | 309 | 17.8 液体动力润滑的基本方程式 | 343 |
| 16.1.2 轴的材料 | 310 | 17.8.1 雷诺润滑方程式 | 343 |
| 16.1.3 轴设计的主要问题 | 310 | 17.8.2 油楔承载机理 | 344 |
| 16.2 轴的结构设计 | 310 | 17.9 液体动力润滑径向轴承的计算 | 345 |
| 16.2.1 轴的毛坯 | 310 | 17.9.1 几何关系 | 345 |
| 16.2.2 轴颈、轴头、轴身 | 310 | 17.9.2 动力润滑状态的建立 | 346 |
| 16.2.3 零件在轴上的固定 | 311 | 17.9.3 承载能力和索氏数 S_o | 346 |
| 16.2.4 结构草图画法 | 312 | 17.9.4 流量计算 | 349 |
| 16.3 轴的强度计算 | 312 | 17.9.5 功耗计算 | 349 |
| 16.3.1 按许用切应力计算 | 314 | 17.9.6 热平衡计算 | 349 |
| 16.3.2 按许用弯曲应力计算 | 314 | 17.9.7 保证液体动力润滑的条件 | 352 |
| 16.3.3 安全系数校核计算 | 315 | 17.9.8 参数选择 | 352 |
| 16.4 轴的刚度计算 | 320 | 17.10 液体动力润滑推力轴承的计算 | 355 |
| 16.4.1 扭角的计算 | 321 | 17.11 其他轴承简介 | 357 |
| 16.4.2 弯曲变形的计算 | 321 | 17.11.1 多油楔滑动轴承 | 357 |
| 16.5 轴的临界转速 | 325 | 17.11.2 液体静压轴承 | 358 |
| 16.6 提高轴的强度、刚度和减轻重量的措施 | 326 | 17.11.3 气体轴承 | 358 |
| 附录 | 329 | 第18章 滚动轴承 | 359 |
| 第17章 滑动轴承 | 333 | 18.1 概述 | 359 |
| 17.1 概述 | 333 | 18.1.1 构造 | 359 |
| 17.2 径向滑动轴承的主要类型 | 333 | 18.1.2 材料 | 359 |
| 17.2.1 整体式轴承 | 333 | 18.1.3 优缺点 | 360 |
| 17.2.2 剖分式轴承 | 333 | 18.2 滚动轴承的类型和选择 | 360 |
| 17.3 滑动轴承材料 | 334 | 18.2.1 滚动轴承的类型 | 360 |
| 17.3.1 对轴承材料的要求 | 334 | 18.2.2 滚动轴承类型的选择 | 365 |
| 17.3.2 轴承材料的分类 | 334 | 18.3 滚动轴承的代号 | 366 |
| 17.4 轴瓦结构 | 337 | 18.3.1 基本代号 | 366 |
| 17.4.1 轴瓦和轴承衬 | 337 | 18.3.2 前置代号 | 368 |
| 17.4.2 油孔、油沟和油室 | 338 | 18.3.3 后置代号 | 368 |
| 17.5 轴承润滑材料 | 338 | 18.4 滚动轴承的力分析、失效和计算准则 | 369 |
| 17.5.1 润滑油 | 338 | 18.4.1 向心轴承中作用力的分布 | 369 |
| 17.5.2 润滑脂 | 339 | 18.4.2 角接触轴承中的附加轴向力 F_S | 370 |
| 17.6 润滑方法 | 339 | 18.4.3 滚动轴承的失效 | 371 |
| 17.6.1 油润滑 | 340 | 18.4.4 滚动轴承的计算准则 | 372 |
| 17.6.2 脂润滑 | 341 | 18.5 滚动轴承的动载荷和寿命计算 | 372 |
| 17.7 滑动轴承的条件性计算 | 341 | 18.5.1 基本额定动载荷和基本额定寿命 | 372 |

| | | | |
|------------------------------|------------|-------------------------|-----|
| 18.5.2 当量动载荷 | 373 | 19.3 无弹性元件挠性联轴器 | 408 |
| 18.5.3 基本额定寿命 | 375 | 19.3.1 牙嵌联轴器 | 408 |
| 18.5.4 角接触轴承的载荷计算 | 377 | 19.3.2 齿式联轴器 | 408 |
| 18.5.5 不稳定载荷下的轴承寿命计算 | 378 | 19.3.3 滚子链联轴器 | 410 |
| 18.5.6 修正额定寿命 | 379 | 19.3.4 滑块联轴器 | 411 |
| 18.6 滚动轴承的静载荷计算 | 381 | 19.3.5 万向联轴器 | 412 |
| 18.6.1 基本额定静载荷 | 381 | 19.3.6 其他平行轴间的联接 | 413 |
| 18.6.2 当量静载荷 | 381 | 19.4 金属弹性元件挠性联轴器 | 414 |
| 18.6.3 静载荷计算 | 382 | 19.4.1 蛇形弹簧联轴器 | 414 |
| 18.7 极限转速 | 383 | 19.4.2 径向簧片联轴器 | 416 |
| 18.8 成对安装角接触轴承的计算特点 | 386 | 19.5 非金属弹性元件挠性联轴器 | 416 |
| 18.9 滚动轴承的组合结构设计 | 388 | 19.5.1 弹性套柱销联轴器 | 416 |
| 18.9.1 滚动轴承轴系支点固定的结构型式 | 388 | 19.5.2 弹性柱销联轴器 | 418 |
| 18.9.2 滚动轴承的配合 | 390 | 19.5.3 弹性柱销齿式联轴器 | 418 |
| 18.9.3 提高轴系刚度的措施 | 391 | 19.5.4 梅花形弹性联轴器 | 419 |
| 18.10 滚动轴承的润滑和密封 | 394 | 19.5.5 轮胎联轴器 | 420 |
| 18.10.1 滚动轴承的润滑 | 394 | 19.6 嵌合式离合器 | 420 |
| 18.10.2 滚动轴承的密封 | 395 | 19.7 摩擦离合器 | 422 |
| 18.11 滚动轴承的弹性流体动力润滑计算 | 396 | 19.7.1 圆盘摩擦离合器 | 423 |
| 附录 | 398 | 19.7.2 圆锥摩擦离合器 | 425 |
| 第 19 章 联轴器和离合器 | 404 | 19.7.3 操纵方法 | 425 |
| 19.1 概述 | 404 | 19.8 磁粉离合器 | 426 |
| 19.1.1 联轴器的类型 | 404 | 19.9 安全离合器 | 427 |
| 19.1.2 离合器的类型 | 405 | 19.9.1 破断式安全离合器 | 427 |
| 19.1.3 计算转矩 | 406 | 19.9.2 牙嵌安全离合器 | 427 |
| 19.2 刚性联轴器 | 406 | 19.9.3 摩擦安全离合器 | 427 |
| 19.2.1 凸缘联轴器 | 406 | 19.10 离心离合器 | 428 |
| 19.2.2 套筒联轴器 | 407 | 19.11 超越离合器 | 428 |
| 19.2.3 夹壳联轴器 | 407 | 19.11.1 滚柱超越离合器 | 428 |
| | | 19.11.2 楔块超越离合器 | 429 |
| | | 19.11.3 棘轮超越离合器 | 429 |
| 第 5 篇 其他零件 | | | |
| 第 20 章 弹簧 | 431 | 20.3.1 弹簧特性线 | 435 |
| 20.1 概述 | 431 | 20.3.2 弹簧刚度 | 435 |
| 20.1.1 弹簧功用 | 431 | 20.3.3 变形能 | 436 |
| 20.1.2 弹簧种类 | 431 | 20.3.4 斜力弹簧 | 436 |
| 20.2 弹簧材料和制造 | 431 | 20.3.5 等效弹簧 | 437 |
| 20.2.1 弹簧材料 | 431 | 20.4 圆柱螺旋压缩弹簧 | 437 |
| 20.2.2 弹簧制造 | 434 | 20.4.1 圆弹簧丝弹簧的计算 | 438 |
| 20.3 弹簧工作原理 | 435 | 20.4.2 方弹簧丝弹簧的计算 | 443 |

| | | | |
|---------------------|------------|--------------------------|------------|
| 20.5 圆柱螺旋拉伸弹簧 | 444 | 第 21 章 机架零件 | 455 |
| 20.6 圆柱螺旋扭转弹簧 | 445 | 21.1 概述 | 455 |
| 20.7 环形弹簧 | 446 | 21.2 截面形状的合理选择 | 456 |
| 20.8 碟形弹簧 | 449 | 21.3 间壁和肋 | 458 |
| 20.9 橡胶弹簧简介 | 452 | 21.4 壁厚的选择 | 459 |
| 附录 | 453 | 21.5 隔振 | 459 |
| 参考书目 | 461 | | |

第 1 篇 总 论

第 1 章 机械设计概论

1.1 课程性质和任务

机器是人类进行生产以减轻体力劳动和提高劳动生产率的主要工具,使用机器进行生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料或信息。机械是机器和机构的总称。用来进行物料传递和变换的机器,通常称为器械、装置或设备,如蒸汽锅炉、蒸发器、热交换器、过滤装置、分离设备等。用来进行信息传递和变换的机器,通常称为仪器,如测量仪、照相机、录像机、电视机、打字机、控制和监视仪器等。

组成机器的不可拆的基本单元称为机械零件(简称零件),如螺钉、键、带、齿轮、轴、弹簧等。为完成同一使命在结构上组合在一起(可拆或不可拆)并协同工作的零件称为部件,如联轴器、轴承、减速器等。机械零件这一术语也常用来泛指零件和部件。

各种机器中普遍使用的零件称为通用零件,只在一定类型的机器中使用的零件称为专用零件。汽轮机中的叶片,纺织机中的织梭、纺锭,往复机械中的曲轴、活塞等都是专用零件。本课程只研究在普通工作条件下一般参数的通用零件和部件。

经过优选、简化、统一,并给以标准代号的零件和部件称为标准件。在正常运转过程中容易损坏,并在规定期限内必须更换的零件或部件称为易损件。

由许多机器、装置、监控仪器等组成的大型工程系统,或由零件、部件等组成的机器(甚至机器中的局部)都可以看成是一个机械系统。任何机械系统都是由“输入量——技术系统——输出量”所构成,输入量可以是能量、物料或信息,技术系统的职能是联接输入量和输出量并完成功能的转变。复杂的机械系统可以按不同的目标分解为若干主系统、分系统、子系统。用系统的观点来处理一切工程问题是当前既科学又完善的方法之一。

设计是为了满足某一特定要求而进行的创造过程(尽管设计的难易程度不同)。掌握设计的基本理论和方法是所有受工程教育的学生都应具备的能力。机械设计课程是培养机械工程类专业学生初步掌握设计机器能力的一门技术基础课。

机械设计可以是应用新的原理或新的概念,开发创造新的机器,也可以是在已有机器的基础上,重新设计或作局部的改革。因此,提高机器工作能力,合并或简化机器结构,增多或减少机器功能,提高机器效率,降低机器能耗,变更机器零件,改用新材料等等,都属于机械设计的范畴。

机械零件的设计和计算是本课程的基本教学内容,但本课程最终目的在于综合运用各种机械零件、各种机构的知识以及其他先修课程的知识,掌握设计机械传动装置和一般机械的能力。因此,教学内容必须与机械设计教学环节紧密配合。机械设计一词是广义的,要做好设计工作,必须贯彻科研、设计、试验、制造、安装、使用、维护“七事一贯制”原则^①,以设计为主来综合权衡,才能取得良好的设计效果。

工业、农业、社会生活等各个部门都要求机械工业提供各种各样的机器,大多科学研究成果也必须通过机械设计、机械制造等过程才能转变为生产力。机械设计是生产机械产品的第一道工序,设计质量的高低,将直接影响机械产品的技术水平和经济效果。在设计这道工序下的功夫愈多,愈加符合客观实际,则其效果愈好。因此,机械设计学科对于国民经济的发展具有很重要的意义。产品设计是工业发展的命脉,工业革新也必须以设计为中心。

1.2 设计机器的基本原则和设计程序

1.2.1 设计机器时应满足的要求

首先要能胜任对机器提出的功能要求(或工作职能)。在此前提下,同时满足使用方便、安全可靠、经济合理、外形美观等各项要求,并希望能做到体积小、重量轻、能耗少、效率高。

在使用方面,机器应能在给定的工作期限内具有高的工作可靠性,并能始终正常工作(定期维修和更换易损件除外)。联系人和机器间的各个环节应做到:操纵轻便省力;操纵机构的部位适合人体的生理条件;操作安全,万一失误应有联锁装置或保险装置;简单重复的劳动应尽量由机器完成;维修方便等等。

在经济方面,应从机器费用、产品制造成本等多种因素中综合衡量,以能获得最大经济效益的方案为最佳设计方案。功能多、适用范围广、自动化程度高的机器,价格虽然贵一些,但产品成本(包括设备、材料、生产费用)可能反而降低。

机器外观造型应比例协调、大方,给人以时代感、美感、安全感。色彩要和产品功能相应。例如:消防、起重机械要用鲜艳醒目色,给人以紧迫、预警感;医疗、食品机械要用浅色,给人以卫生、安静感;军用品械要用保护色,给人以安全感;冰箱、风扇等要用冷色,给人以清凉感等等。

噪声也是一种环境污染,影响人体健康。限制噪声分贝数已成为评定机器质量的指标之一。机器噪声最好在70 dB~80 dB以下。每天工作8小时的机器,噪声不得高于90 dB~95 dB。大于95 dB的机器,操作时必须戴耳塞。大于105 dB的机器,必须采用降低噪声的措施。齿轮传动、链传动、滚动轴承、牙嵌离合器、液压系统、电动机等都是机器中常见的噪声源。为了降低噪声,首先要分析产生噪声的原因,然后从设计、工艺、材料等因素着手,采取各种降低噪声的措施。随着环境对机器噪声的要求愈来愈苛刻,故低噪声设计日见重要。

对不同用途的机器还可能提出一些其他要求,如巨型机器有起重、运输的要求,生产食品的机器有保持清洁和不污染环境的要求等。

^① 国家科学技术委员会,科学技术政策白皮书第1号,中国科学技术政策指南,北京:科学技术文献出版社,1986。