

高 等 学 校 教 材

# 机 械 设 计

卜 炎 主 编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

# 机械 设计

Jixie Sheji

卜 炎 主编

朱文坚 审阅



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书是按照教育部颁布的“高等学校机械设计课程教学基本要求”结合应用型人才培养的特点编写的,并在传统机械设计课程教学基本内容的基础上作了适当的扩充。

本书共5篇。第1篇总论包括绪论和机械零件设计基础;第2篇机械传动——运动与动力的传递,包括齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动、螺旋传动、传动链的设计和轮类零件的结构设计;第3篇运动零件的支承,包括轴、滚动轴承、滑动轴承、轴的支承结构和导轨的结构设计;第4篇机械零件的联结,包括螺纹紧固件联结、轴毂联结——轴与轮毂的联结和轴与轴的联结;第5篇其他机械零件,包括制动器、弹簧和机架与箱体的结构设计。

本书可作为普通高等学校机械类专业机械设计课程的教材,也可供高等学校、高等专科学校、成人高校机械专业教学使用,亦可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计/卜炎主编. —北京:高等教育出版社, 2010.6

ISBN 978-7-04-029155-1

I. ①机… II. ①卜… 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055436号

策划编辑 卢广 责任编辑 贺玲 封面设计 于文燕  
责任绘图 尹莉 版式设计 马敬茹 责任校对 杨雪莲  
责任印制 朱学忠

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印刷	北京铭传印刷有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开本	787×960 1/16	版次	2010年6月第1版
印张	26.5	印次	2010年6月第1次印刷
字数	500 000	定价	35.80元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29155-00

# 前 言

本书是根据2008年4月在广州召开的高等学校“独立学院机械类系列课程教材编写会议”决议，为独立学院机械类专业编写的机械设计教材。本书是按照教育部颁布的高等学校“机械设计课程教学基本要求”编写的，并在传统机械设计课程教学基本内容的基础上适当地扩充了少量内容，在教材编排上也做了一些变化。

本书共5篇20章。第1篇总论，共2章；第2篇机械传动——运动与动力的传递，共7章；第3篇运动零件的支承，共5章；第4篇机械零件的联结，共3章；第5篇其他机械零件，共3章。

第2篇增设“传动链的设计”和“轮类零件的结构设计”两章。“传动链的设计”一章讲述通常在传动总论中讲述的内容，且作了适当扩充，为课程设计做一些铺垫；并将原先在带传动、链传动和齿轮传动中有关带轮、链轮和齿轮的结构设计部分抽出另设一章，名为“轮类零件的结构设计”，合并讲述它们的共性问题，以节约篇幅。

第3篇增设“轴的支承结构”和“导轨的结构设计”两章。将原在滚动轴承一章中的“轴承组合”内容与新加滑动轴承的支承结构设计内容合并、扩充成“轴的支承结构”一章，以弥补通常在滑动轴承一章中有关支承结构设计知识的欠缺，可使轴的支承结构设计的内容更充实、更完善。增加的“导轨的结构设计”一章，以弥补这方面内容的缺失，适应将来的工作需要。

第4篇“螺纹紧固件联结”一章中大幅度删去铰制孔用螺栓联结的内容，因为铰制孔螺栓使用较少，且在计算原理上更接近销联结。

联轴器、离合器和制动器过去统称三器，一般都放在一起讲授，但它们在功能和讲授内容上并无共同点。本书将其按功能分开，联轴器和离合器归入第4篇，设“轴与轴的联结”一章，制动器单独成章，归入第5篇“其他机械零件”。

第5篇增设“机架与箱体的结构设计”一章，为课程设计做一些铺垫。

根据独立学院的教学特点以及将来学生就业的要求，在教材选材上希望知识面比较广，更接近实际，理论深度适当浅显一些，在讲述上希望文字通俗易懂。

本书根据国际标准和我国国家标准对部分名词术语和参数符号等做了统一和规范，例如：机械设计教材或手册过去习惯用“联接”，而“国家标准”采

用“联结”。根据我国发布的《第一批异形词整理表》，建议采用“连接”或“联结”，为了和我国国家标准取得一致，本书采用“联结”一词。

根据国家标准物理量名称中所用术语规则：“若量  $A$  与  $B$  有  $A = kB$ ，如  $\dim A \neq \dim B$ ，则  $k$  用系数这一术语，如  $\dim A = \dim B$ ，则  $k$  用因数或因子这一术语”，所以我们采用了安全因数、摩擦因数、使用因子等术语，特别是在机械设计中惯用的很多系数都改用了因数或因子。

再有，机械设计中长期习惯采用的许用应力符号为“[ ]”，如许用拉应力  $[\sigma]$ 、许用切应力  $[\tau]$  等。但在齿轮的国际标准中许用应力采用的却是加下标  $P$ ，例如齿轮许用接触应力  $\sigma_{HP}$ 、许用弯曲应力  $\sigma_{FP}$ 。为了全书统一，本书采用加下标  $P$  表示许用应力，例如许用拉应力  $\sigma_P$ 、许用切应力  $\tau_P$  等。

这些变化将给许多教师的教学工作带来麻烦，但考虑到与国际标准和我国国家标准保持一致和适应将来的发展趋势，我们还是采用了新的术语和符号。

本书由卜炎担任主编。参加本书编写的单位有：天津大学仁爱学院(主编单位)、吉林大学珠海学院和广东工业大学华立学院。参加编写的教师有：天津大学仁爱学院卜炎(第1、2章,第8、10~14章,第18~20章),吉林大学珠海学院张传敏(第3、6章)、崔宁(第4、5、7、9章),广东工业大学华立学院赵恒圣(第15~17章)。

本书由华南理工大学朱文坚教授审阅，本书依据主审者意见做了适当的调整，避免了不少错误，在此表示衷心的感谢。在本书编写的过程中还得到了天津大学仁爱学院机械系主任张策教授的支持和帮助，在此也表示衷心的感谢。

我们是第一次为独立学院编写机械设计教材，在编写原则、选材、叙述各方面肯定有不少问题，限于水平也会有不少错误，希望使用本书的教师和同学们提出指正和建议，也希望读者给予批评。

卜 炎

于天津大学

2009年9月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

# 目 录

## 第 1 篇 总 论

<b>第 1 章 绪论</b> .....	3
1.1 机器的组成与发展 .....	3
1. 机器的组成 .....	3
2. 机械的发展 .....	4
1.2 关于机械设计 .....	5
1. 机械设计的要求与内容 .....	5
2. 机械设计的过程与方法 .....	6
<b>第 2 章 机械零件设计基础</b> .....	7
2.1 机械零件的强度计算准则 .....	7
1. 载荷与应力 .....	7
2. 静强度 .....	9
3. 疲劳强度 .....	11
2.2 机械零件的其他计算准则 .....	19
1. 刚度准则 .....	19
2. 稳定性准则 .....	20
3. 耐热性准则 .....	20
4. 可靠性准则 .....	21
2.3 摩擦学设计基础 .....	21
1. 摩擦学设计的目标和主要内容 .....	22
2. 摩擦的类型和状态 .....	22
3. 摩擦力 .....	23
4. 磨损及其控制 .....	25
5. 润滑与润滑设计 .....	30
6. 润滑剂及其特性 .....	33
2.4 机械设计中的材料 .....	40
1. 机械零件常用材料 .....	40
2. 机械零件的材料选用原则 .....	43
3. 塑料的选用 .....	44

4. 摩擦副材料的选用 .....	44
2.5 机械零部件的标准化 .....	46
1. 通用化 .....	46
2. 系列化 .....	47
3. 组合化(模块化) .....	47
习题 .....	47

## 第2篇 机械传动

### ——运动与动力的传递

第3章 齿轮传动 .....	55
3.1 齿轮传动的主要参数与公差(精度)等级 .....	56
1. 齿轮传动设计的主要参数 .....	56
2. 齿轮的公差(精度)等级及其选择 .....	57
3.2 轮齿的失效形式与计算准则 .....	57
1. 轮齿的失效形式 .....	57
2. 传动的设计准则 .....	59
3.3 齿轮材料及其选择 .....	60
1. 齿轮常用钢及其热处理 .....	60
2. 齿轮常用铸铁 .....	60
3. 齿轮材料的选择 .....	60
3.4 圆柱齿轮传动的受力分析与计算载荷 .....	62
1. 轮齿的受力分析 .....	62
2. 齿轮的计算载荷 .....	63
3.5 直齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	68
1. 齿面接触疲劳强度计算 .....	68
2. 齿根弯曲疲劳强度计算 .....	74
3. 齿轮基本参数的选择 .....	79
4. 轮齿静强度和非恒定载荷下的强度计算 .....	80
3.6 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	82
1. 齿面接触疲劳强度计算 .....	82
2. 齿根弯曲疲劳强度计算 .....	84
3.7 直齿锥齿轮传动 .....	89
1. 锥齿轮的设计参数 .....	90
2. 轮齿的受力分析 .....	91



3. 齿面接触疲劳强度计算·····	91
4. 齿根弯曲疲劳强度计算·····	92
3.8 齿轮传动的效率与润滑·····	93
习题·····	94
<b>第4章 蜗杆传动</b> ·····	<b>96</b>
4.1 蜗杆传动的特点与类型·····	96
1. 蜗杆传动的特点·····	96
2. 蜗杆传动的类型·····	96
3. 圆柱蜗杆传动的公差(精度)等级及其选择·····	98
4.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数与几何尺寸·····	98
1. 普通圆柱蜗杆传动的主要参数·····	98
2. 普通圆柱蜗杆传动的几何计算·····	103
4.3 普通蜗杆传动的设计计算·····	104
1. 蜗杆传动的失效形式、计算准则及材料选用·····	104
2. 蜗杆传动的受力分析·····	105
3. 蜗杆传动的承载能力计算·····	106
4. 蜗杆传动的效率·····	109
5. 蜗杆传动的润滑与热平衡计算·····	110
习题·····	113
<b>第5章 带传动</b> ·····	<b>116</b>
5.1 带传动的特点、应用与类型·····	116
1. 带传动的特点及应用·····	116
2. 摩擦型带传动的类型·····	117
5.2 V带的类型与标准尺寸·····	118
5.3 带传动的工作原理·····	120
1. 带传动的受力分析·····	120
2. 传动带的应力分析·····	122
3. 带传动的弹性滑动和传动比·····	123
5.4 普通V带传动的设计·····	125
1. 单根V带的基本额定功率·····	125
2. V带传动的设计计算·····	126
3. 带传动的张紧装置·····	131
5.5 同步带传动简介·····	133
5.6 高速带传动简介·····	134
习题·····	134

<b>第 6 章 链传动</b> .....	136
6.1 概述 .....	136
1. 链传动的特点与类型 .....	136
2. 滚子链与链轮的结构与尺寸 .....	137
3. 链轮的材料 .....	141
6.2 链传动的工作情况分析 .....	142
1. 链传动的运动不均匀性 .....	142
2. 链传动的动载荷 .....	143
3. 链传动的受力分析 .....	144
6.3 滚子链传动的设计计算 .....	145
1. 滚子链传动的失效形式 .....	145
2. 额定功率曲线 .....	145
3. 链传动的设计功率 .....	147
4. 链传动的静强度计算 .....	148
5. 链传动主要参数的选择 .....	149
6.4 链传动的正确使用和维护 .....	151
1. 链传动的润滑 .....	151
2. 链传动的布置 .....	151
3. 链传动的张紧 .....	152
习题 .....	153
<b>第 7 章 螺旋传动</b> .....	154
7.1 螺旋传动的应用和类型 .....	154
7.2 滑动螺旋传动 .....	155
1. 滑动螺旋用螺纹 .....	155
2. 滑动螺旋传动的设计计算 .....	155
7.3 滚动螺旋副——滚珠丝杠 .....	159
1. 滚动螺旋副的结构类型和特点 .....	159
2. 滚动螺旋副的主要参数和标注方法 .....	161
3. 滚动螺旋副的选用计算 .....	162
7.4 静压螺旋传动简介 .....	163
习题 .....	164
<b>第 8 章 传动链的设计</b> .....	165
8.1 设计机械传动装置的基本数据 .....	165
8.2 机械传动类型的选择 .....	165
8.3 传动链设计的基本原则 .....	167

8.4 传动链动力机的匹配 .....	168
8.5 传动链传动比的分配 .....	168
<b>第9章 轮类零件的结构设计</b> .....	<b>170</b>
9.1 轮类零件结构设计的基本要求 .....	171
1. 轮缘的设计 .....	171
2. 轮毂的设计 .....	172
3. 轮辐的设计 .....	174
4. 轮缘与轮毂的相对位置 .....	175
9.2 常用轮类零件的结构尺寸 .....	175
1. 齿轮的结构尺寸设计 .....	175
2. V带轮的结构尺寸设计 .....	177
3. 蜗杆与蜗轮的结构尺寸设计 .....	178
4. 链轮的结构尺寸设计 .....	180
习题 .....	181

### 第3篇 运动零件的支承

<b>第10章 轴</b> .....	<b>185</b>
10.1 轴的分类与材料 .....	185
1. 轴的分类 .....	185
2. 轴的常用材料 .....	187
10.2 轴的结构设计 .....	189
1. 轴上零件在轴上的定位与固定 .....	189
2. 考虑工艺性的结构设计 .....	191
3. 考虑疲劳强度的结构设计 .....	192
10.3 轴的强度计算 .....	194
1. 轴的力学计算模型 .....	194
2. 轴的强度计算方法 .....	195
10.4 轴的刚度计算 .....	204
1. 扭转刚度校核计算 .....	204
2. 弯曲刚度校核计算 .....	205
10.5 转子的临界转速 .....	205
习题 .....	206
<b>第11章 滚动轴承</b> .....	<b>209</b>
11.1 滚动轴承的主要类型与代号 .....	209
1. 滚动轴承的基本结构 .....	209

2. 滚动轴承的分类与主要类型 .....	210
3. 滚动轴承的代号 .....	212
11.2 滚动轴承的选用 .....	213
1. 滚动轴承类型的选用 .....	213
2. 滚动轴承尺寸的选用——寿命计算 .....	214
11.3 滚动轴承的性能校核 .....	221
1. 滚动轴承的静强度校核 .....	221
2. 滚动轴承的极限转速校核 .....	223
11.4 直线运动球轴承 .....	226
1. 直线运动球轴承的结构与型式 .....	227
2. 直线运动球轴承的选用计算 .....	228
11.5 滚动轴承的润滑与密封 .....	230
1. 滚动轴承的润滑 .....	230
2. 滚动轴承的密封 .....	232
习题 .....	235
<b>第 12 章 滑动轴承</b> .....	<b>237</b>
12.1 滑动轴承的类型与结构 .....	238
1. 滑动轴承的类型与应用 .....	238
2. 滑动轴承的结构 .....	240
3. 轴瓦 .....	242
12.2 滑动轴承材料 .....	245
1. 对轴瓦材料性能的要求 .....	245
2. 轴瓦材料的种类 .....	246
3. 轴瓦表面涂覆层材料 .....	248
4. 各种轴瓦材料的性能比较 .....	248
12.3 滑动轴承润滑剂与润滑方法的选用 .....	249
1. 滑动轴承用润滑剂及其选用 .....	249
2. 滑动轴承润滑方法的选用 .....	250
12.4 普通滑动轴承的设计计算 .....	251
1. 滑动轴承的参数 .....	251
2. 无润滑轴承的设计计算 .....	252
3. 固体润滑和混合润滑滑动轴承的设计计算 .....	255
12.5 流体(膜)润滑滑动轴承的润滑机理 .....	257
1. 流体动力润滑滑动轴承的承载机理 .....	257
2. 流体静力润滑滑动轴承的承载机理 .....	260

习题 .....	262
<b>第 13 章 轴的支承结构</b> .....	265
13.1 轴的支承形式 .....	265
1. 两支点均单向轴向限位结构 .....	265
2. 一支点双向轴向限位、一支点轴向不限位结构 .....	269
3. 两游动支点结构 .....	271
13.2 滚动轴承的支点结构 .....	272
1. 滚动轴承套圈的配合、定位与紧固 .....	272
2. 轴向定位和紧固面的直径 .....	273
3. 一个支点上向心角接触轴承的配置方式 .....	274
13.3 轴承的调整 .....	275
1. 游(间)隙的调整 .....	275
2. 轴的轴向位置的调整 .....	276
<b>第 14 章 导轨的结构设计</b> .....	278
14.1 导轨及其设计的基本要求与内容 .....	278
1. 常用导轨的类型、特点及应用 .....	278
2. 导轨设计的基本要求 .....	279
3. 导轨设计的主要内容 .....	280
14.2 滚动导轨 .....	281
1. 滚动导轨(非循环式) .....	281
2. 直线运动滚动支承 .....	282
14.3 滑动导轨 .....	286
1. 滑动导轨的结构形式 .....	287
2. 普通滑动导轨 .....	290
习题 .....	292

## 第 4 篇 机械零件的联结

<b>第 15 章 螺纹紧固件联结</b> .....	295
15.1 紧固螺纹与螺纹紧固件 .....	295
1. 紧固螺纹及其主要参数 .....	295
2. 螺纹紧固件 .....	296
15.2 螺纹紧固件联结的类型 .....	298
15.3 螺纹紧固件上的载荷 .....	300
1. 预紧力与拧紧力矩 .....	300
2. 工作载荷 .....	301

3. 总拉力 .....	305
4. 预紧力值的确定 .....	307
15.4 螺栓的强度计算 .....	308
1. 螺栓强度计算 .....	309
2. 螺纹紧固件的许用应力 .....	310
15.5 螺纹紧固件联结的结构设计 .....	311
1. 螺栓的布置 .....	311
2. 结合面的尺寸 .....	313
3. 螺纹紧固件的支承面 .....	314
15.6 螺纹紧固件联结的装配 .....	318
1. 预紧力的控制(拧紧方法) .....	318
2. 拧紧的顺序 .....	321
3. 防松与防松装置 .....	321
4. 通孔直径 .....	323
15.7 提高紧固螺纹联结强度的措施 .....	323
1. 改善旋合螺纹牙间的载荷分配 .....	323
2. 减小螺栓系统的刚度和增大被联结件系统的刚度 .....	325
3. 减小附加弯曲应力 .....	326
4. 采用横向载荷的减载措施 .....	326
15.8 高强度螺栓联结 .....	327
习题 .....	328
<b>第 16 章 轴毂联结——轴与轮毂的联结</b> .....	<b>331</b>
16.1 键联结 .....	331
1. 键联结的类型 .....	332
2. 键联结的选择及其强度校核 .....	335
16.2 花键联结 .....	337
1. 花键联结的特点与类型 .....	337
2. 花键联结的强度校核计算 .....	339
16.3 过盈联结 .....	340
1. 过盈联结的装配方法 .....	340
2. 圆柱面过盈联结的设计计算 .....	341
3. 圆柱面过盈联结的装拆压力和装配温度 .....	345
4. 提高过盈联结固持力的措施 .....	347
习题 .....	348

<b>第 17 章 轴与轴的联结</b> .....	350
17.1 联轴器 .....	350
1. 联轴器的类型与选择 .....	351
2. 几种常用联轴器 .....	354
17.2 离合器 .....	360
1. 离合器的分类与选用 .....	360
2. 几种常用离合器 .....	362
习题 .....	367

## 第 5 篇 其他机械零件

<b>第 18 章 制动器</b> .....	371
18.1 制动器的类型与应用 .....	371
18.2 制动转矩的计算 .....	374
1. 负载转矩 $T_l$ 的计算 .....	374
2. 计算制动转矩 $T_b$ .....	375
3. 标准制动器的选用计算 .....	375
18.3 制动摩擦材料 .....	376
1. 制动器用摩擦材料品种 .....	376
2. 摩擦副计算用数据 .....	376
18.4 常用制动器 .....	377
1. 块式制动器 .....	377
2. 蹄式制动器 .....	378
3. 盘式制动器 .....	379
4. 带式制动器 .....	380
<b>第 19 章 弹簧</b> .....	382
19.1 弹簧的类型及基本特性 .....	382
1. 弹簧的类型 .....	382
2. 弹簧的基本特性 .....	384
19.2 弹簧的材料与制造 .....	385
1. 弹簧材料 .....	385
2. 弹簧制造 .....	389
19.3 圆柱螺旋拉伸和压缩弹簧的设计计算 .....	389
1. 圆柱螺旋弹簧的结构和几何参数 .....	389
2. 圆柱螺旋弹簧的载荷分析与特性线 .....	392
3. 圆柱螺旋弹簧的强度计算 .....	394

---

4. 圆柱螺旋弹簧的变形计算 .....	396
5. 循环载荷下的强度校核 .....	397
6. 圆柱螺旋压缩弹簧的稳定性 .....	397
7. 圆柱螺旋弹簧的典型图样 .....	398
习题 .....	401
<b>第 20 章 机架与箱体的结构设计 .....</b>	<b>402</b>
20.1 截面形状的选择 .....	403
20.2 壁厚 .....	404
20.3 加强肋 .....	406
20.4 联结结构设计 .....	407
<b>参考文献 .....</b>	<b>409</b>



# 第 1 篇

## 总 论

