



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

机械设计

JIXIE SHEJI

曹晓明 主编



Mechanical
Design



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

机 械 设 计

曹晓明 主编

顾 锋 段维华 钟晓勤 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书在满足教育部批准施行的高等学校机械类专业“机械设计课程教学基本要求”的基础上编写而成，以“够用、实用、新用”为基本原则，以“易教易学”为核心思想。本书共14章，包括绪论，机械零件的强度，机器中的摩擦、磨损及润滑简介，带传动设计，链传动设计，齿轮传动设计，蜗杆传动设计，螺纹连接与螺旋传动设计，轴毂连接设计，滚动轴承，滑动轴承，联轴器、离合器、制动器，轴的设计，弹簧设计。同时，还免费为采用本书授课的教师提供电子课件。

本书可作为应用型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及工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/曹晓明主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.11

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-121-14906-1

I. ①机… II. ①曹… 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(2011)第 218816 号

策划编辑: 余 义

责任编辑: 余 义

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 545 千字

印 次: 2011年11月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 37.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书是普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材之一，是以“培养适应社会需要、特色鲜明的机械类应用型人才”为指导思想和目标，以“够用、实用、新用”为基本原则，以“易教易学”为核心思想，并在吸取全国高等院校应用型机械类专业近几年教学改革、实践与创新的成果和经验，以及结合编者多年教学建设与改革的经验的基础上，精心编写而成的。

本书可作为应用型高等院校机械及相关专业机械设计课程的教材，也可供有关专业的师生及工程技术人员参考使用。

本书的主要特点有如下几点。

(1) 全书突出机械零部件的材料选择、失效形式、设计准则、结构设计及工作能力计算等最基本的内容，保持基本理论与设计方法的均衡，简化乃至略去对部分基本理论及有关公式的论证与推导，着重于基本概念的理解和基本方法在设计中的应用；全书强调“能设计”，突出训练学生对工程问题的观察能力、分析能力，突出训练学生对通用零部件的独立设计能力；并注意培养学生的应用型创新能力。

(2) 在突出重点和保证主要内容的同时，增加知识点，扩大知识面。例如，其他带传动简介、其他齿轮传动简介、其他形式滑动轴承简介及其他类型弹簧简介等。适度增加了新颖零部件等方面内容的介绍，如滚动螺旋、滚珠花键、窄V带传动等。

(3) 全书力求概念把握准确，叙述深入浅出，主次分明，详略得当，层次清晰，文句流畅；力求体现较好的“易教性”和“易学性”，并力求在“易学”上有所侧重，以便于学生的自学。每章后的学习要点和思考题便于学生把握主要内容，自测题和课后习题便于学生自我检查和巩固所学知识。

(4) 全书采用国家标准规定的名词术语和符号，引用较新的标准、规范和资料。

参加本书编写工作的人员有：淮阴工学院顾锋（第5, 12, 14章）、王庆安（第6章），昆明学院段维华（第3, 13章），上海应用技术学院钟晓勤（第4, 10章）、刘莹（第8, 9章）、曹晓明（绪论及第1, 2, 7, 11章）。全书由曹晓明担任主编，负责全书的统稿，顾锋、段维华、钟晓勤担任副主编。

在本书的编写过程中参考了众多文献和资料，编者谨此向各有关作者和编写人员表示衷心的感谢。

本书的编写得到电子工业出版社全力支持和帮助，编者谨此向有关工作人员表示衷心的感谢。由于编者水平有限和知识不够全面，书中难免存在缺点和不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 0 章 绪论	1	2.3.1 材料的疲劳极限和疲劳曲线	23
第 1 章 机械设计概论	5	2.3.2 材料的疲劳极限应力线图	25
1.1 机器应满足的主要要求	5	2.3.3 影响机械零件疲劳强度的主要因素	26
1.2 机器设计的一般程序及主要内容	6	2.3.4 稳定变应力下机械零件的疲劳强度计算	30
1.3 机械零件设计的基本要求及一般步骤	8	2.4 机械零件的表面接触疲劳强度	33
1.3.1 机械零件设计的基本要求	8	第 3 章 机器中的摩擦、磨损及润滑	
1.3.2 机械零件设计的一般步骤	9	简介	37
1.4 机械零件的主要失效形式及计算准则	10	3.1 机器中的摩擦问题	37
1.4.1 机械零件的主要失效形式	10	3.1.1 摩擦状态	37
1.4.2 机械零件的计算准则	11	3.1.2 摩擦机理简介	38
1.5 机械零件的材料选择	12	3.2 磨损	41
1.5.1 机械零件的常用材料	12	3.2.1 典型磨损过程	41
1.5.2 机械零件材料的选用原则	13	3.2.2 磨损的分类	42
1.6 机械零件的结构工艺性及标准化	14	3.2.3 减轻磨损的途径	43
1.6.1 机械零件的结构工艺性	14	3.3 润滑剂	44
1.6.2 机械零件设计中的标准化	15	3.3.1 润滑油	44
1.7 机械设计方法及其新发展	15	3.3.2 润滑脂(半固体润滑剂)	47
1.7.1 传统设计方法	15	3.3.3 固体润滑剂	48
1.7.2 设计方法的新发展	16	3.3.4 添加剂	48
1.7.3 现代设计方法的特点	18	3.3.5 润滑剂的选用	48
第 2 章 机械零件的强度	20	3.4 润滑状态	49
2.1 载荷和应力的分类	20	3.4.1 边界润滑	50
2.1.1 载荷的分类	20	3.4.2 流体润滑	50
2.1.2 应力的分类	21	3.4.3 混合润滑	50
2.2 静应力下机械零件的整体强度	22	3.5 流体润滑原理简介	51
2.2.1 静应力下机械零件的强度条件	22	3.5.1 流体动压润滑	51
2.2.2 许用安全系数的选择	23	3.5.2 流体静压润滑	51
2.3 稳定变应力下机械零件的整体强度	23	3.5.3 弹性流体动力润滑	51
		第 4 章 带传动设计	53
		4.1 概述	53
		4.2 V 带和 V 带带轮	54
		4.2.1 V 带的构造和标准	54

4.2.2	V带带轮	55
4.3	带传动的工作情况分析	57
4.3.1	带传动的几何关系与计算	57
4.3.2	带传动的受力分析	58
4.3.3	弹性滑动和打滑	59
4.3.4	极限有效拉力及其影响因素	60
4.3.5	带的应力分析	61
4.3.6	带传动的失效形式和设计 准则	62
4.4	普通V带传动的设计计算	62
4.4.1	单根普通V带的基本额定 功率	62
4.4.2	普通V带传动的设计步骤和 参数选择	63
4.5	带传动的张紧与维护	69
4.5.1	带传动的张紧	69
4.5.2	带传动的维护	70
4.6	其他带传动简介	70
4.6.1	窄V带传动	70
4.6.2	同步齿形带传动	71
4.6.3	高速带传动	71
第5章 链传动设计		73
5.1	概述	73
5.2	滚子链和链轮	74
5.2.1	滚子链的结构	74
5.2.2	滚子链的基本参数和尺寸	75
5.2.3	滚子链链轮	76
5.3	链传动的工作情况分析	78
5.3.1	平均链速和平均传动比	78
5.3.2	链传动的速度不均匀性	78
5.3.3	滚子链传动的主要失效形式 和设计准则	79
5.4	滚子链传动的设计计算	80
5.4.1	链的额定功率曲线	80
5.4.2	链传动的设计步骤和主要 参数选择	80
5.5	链传动的布置、张紧和润滑	85
5.5.1	链传动的布置	85
5.5.2	链传动的张紧	85
5.5.3	链传动的润滑	86
第6章 齿轮传动设计		89
6.1	概述	89
6.2	齿轮传动的失效形式和设计 准则	90
6.2.1	齿轮传动的失效形式	90
6.2.2	齿轮传动的设计准则	92
6.3	齿轮常用材料和许用应力	93
6.3.1	齿轮常用材料	93
6.3.2	齿轮传动的许用应力	95
6.4	齿轮传动的计算载荷和载荷 系数	99
6.4.1	计算载荷和载荷系数	99
6.4.2	载荷系数说明	99
6.5	标准直齿圆柱齿轮传动的 强度计算	102
6.5.1	轮齿的受力分析	102
6.5.2	齿面接触疲劳强度计算	103
6.5.3	齿根弯曲疲劳强度计算	106
6.5.4	齿轮传动主要参数和传动 精度的选择	108
6.6	标准斜齿圆柱齿轮传动的强度 计算	111
6.6.1	轮齿的受力分析	111
6.6.2	齿面接触疲劳强度计算	112
6.6.3	齿根弯曲疲劳强度计算	113
6.7	标准直齿锥齿轮传动的强度 计算	117
6.7.1	强度当量齿轮传动及其 几何尺寸计算	117
6.7.2	受力和分析和载荷系数	117
6.7.3	齿面接触疲劳强度计算	118
6.7.4	齿根弯曲疲劳强度计算	119
6.8	变位齿轮传动强度计算简介	119
6.9	齿轮的结构	120
6.10	齿轮传动的润滑	122
6.11	其他齿轮传动简介	124
6.11.1	曲线齿锥齿轮传动	124
6.11.2	准双曲面齿轮传动	124
6.11.3	圆弧齿圆柱齿轮传动	125
第7章 蜗杆传动设计		129
7.1	概述	129

7.1.1	蜗杆传动的特点	129
7.1.2	蜗杆传动的分类及应用	129
7.2	普通圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	132
7.2.1	普通圆柱蜗杆传动的基本参数	132
7.2.2	普通圆柱蜗杆传动的几何尺寸计算	134
7.2.3	变位蜗杆传动	135
7.3	普通圆柱蜗杆传动的滑动速度和传动效率	136
7.3.1	蜗杆传动的滑动速度	136
7.3.2	蜗杆传动的传动效率	136
7.4	普通圆柱蜗杆传动的失效形式、设计准则与材料选择	137
7.4.1	蜗杆传动的失效形式与设计准则	137
7.4.2	蜗杆传动的材料	137
7.5	普通圆柱蜗杆传动的精度选择、侧隙规定、蜗杆和蜗轮的结构	138
7.5.1	蜗杆传动的精度选择和侧隙规定	138
7.5.2	蜗杆的结构	138
7.5.3	蜗轮的结构	139
7.6	蜗杆传动的受力分析	139
7.7	普通圆柱蜗杆传动的强度计算和蜗杆的刚度校核	140
7.7.1	蜗轮齿面接触疲劳强度计算	140
7.7.2	蜗轮齿根弯曲疲劳强度计算	142
7.7.3	蜗杆的刚度校核	143
7.8	普通圆柱蜗杆传动的热平衡计算及润滑	143
7.8.1	蜗杆传动的热平衡计算	143
7.8.2	蜗杆传动的润滑	144

第8章 螺纹连接与螺旋传动设计 150

8.1	概述	150
8.2	螺纹连接的主要类型、特点及应用	150
8.3	螺纹连接的预紧与防松	151
8.3.1	螺纹连接的预紧	151

8.3.2	螺纹连接的防松	153
8.4	螺栓组连接的设计	154
8.4.1	螺栓组连接的结构设计	154
8.4.2	螺栓组连接的受力分析	156
8.5	螺纹连接的强度计算	159
8.5.1	螺纹连接的失效形式	159
8.5.2	螺纹连接的常用材料和许用应力	159
8.5.3	普通螺栓连接的强度计算	161
8.5.4	铰制孔用螺栓连接的强度计算	164
8.6	提高螺纹连接强度的措施	164
8.7	螺旋传动	169
8.7.1	概述	169
8.7.2	滑动螺旋传动	170
8.7.3	滚动螺旋简介	174
8.7.4	静压螺旋传动简介	174

第9章 轴毂连接设计 178

9.1	键连接	178
9.1.1	键连接的类型、功用、结构及应用	178
9.1.2	键连接的选择	180
9.1.3	键连接的强度计算	181
9.2	花键连接	182
9.2.1	花键连接的类型、结构和特点	182
9.2.2	花键连接的强度计算	183
9.2.3	滚珠花键连接简介	184
9.3	销连接	184
9.4	其他轴毂连接简介	186
9.4.1	过盈连接	186
9.4.2	胀紧连接	187
9.4.3	型面连接	187

第10章 滚动轴承 190

10.1	概述	190
10.2	滚动轴承的主要类型、特点和代号	191
10.2.1	滚动轴承的三个重要结构特性	191
10.2.2	滚动轴承的主要类型	192

10.2.3	滚动轴承的性能与特点	192	11.2.1	径向滑动轴承的典型结构	221
10.2.4	滚动轴承的代号	194	11.2.2	普通止推滑动轴承的 典型结构	222
10.3	滚动轴承的类型选择	196	11.3	滑动轴承的材料和轴瓦 结构	223
10.4	滚动轴承的工作情况分析	197	11.3.1	滑动轴承的材料	223
10.4.1	滚动轴承工作时的受力 分析	197	11.3.2	轴瓦的结构	226
10.4.2	滚动轴承工作时各元件的应力 分析	198	11.4	滑动轴承的润滑	229
10.4.3	滚动轴承的失效形式和计算 准则	198	11.4.1	滑动轴承的润滑剂及其 选择	229
10.5	滚动轴承的寿命计算	199	11.4.2	滑动轴承的润滑方式和润滑 装置	230
10.5.1	滚动轴承的寿命和基本额定 寿命	199	11.4.3	润滑方式的选择	231
10.5.2	滚动轴承的基本额定动 载荷	199	11.5	不完全油膜滑动轴承的设计 计算	232
10.5.3	滚动轴承的寿命计算公式	200	11.5.1	不完全油膜滑动轴承的失效 形式和计算准则	232
10.5.4	滚动轴承的当量动载荷	201	11.5.2	径向滑动轴承的设计计算	232
10.5.5	角接触球轴承和圆锥滚子轴承 的轴向载荷 F_a 的计算	202	11.5.3	止推滑动轴承的设计计算	233
10.5.6	一个支点上成对安装同型号角接触球 轴承或圆锥滚子轴承的计算	206	11.6	液体动压径向滑动轴承 的设计	234
10.6	滚动轴承的静强度计算	207	11.6.1	液体动压润滑的基本方程	234
10.7	滚动轴承的组合结构设计	208	11.6.2	液体动压油膜承载机理和形成 动压油膜的条件	235
10.7.1	滚动轴承的轴向固定	208	11.6.3	径向滑动轴承形成液体动压润滑 的过程	236
10.7.2	滚动轴承的支承结构形式	209	11.6.4	液体动压径向滑动轴承的 几何关系	236
10.7.3	滚动轴承的配合	211	11.6.5	液体动压径向滑动轴承的承载 能力和承载量系数 C_p	237
10.7.4	滚动轴承的装拆	212	11.6.6	最小油膜厚度 h_{\min} 和保证流体 动压润滑的条件	239
10.7.5	滚动轴承的游隙调整和轴系组件 轴向位置的调整	212	11.6.7	液体动压径向滑动轴承的 热平衡计算	239
10.7.6	滚动轴承的预紧	213	11.6.8	液体动压径向滑动轴承参数 的选择	241
10.7.7	提高滚动轴承支座的刚度 和同轴度	214	11.6.9	液体动压径向滑动轴承的设计 方法及步骤	242
10.7.8	滚动轴承的润滑	214	11.7	其他形式滑动轴承简介	244
10.7.9	滚动轴承的密封	216	11.7.1	自位式滑动轴承	244
第 11 章	滑动轴承	220	11.7.2	间隙可调式滑动轴承	244
11.1	概述	220			
11.1.1	滑动轴承的分类、特点 和应用	220			
11.1.2	滑动轴承的设计内容	221			
11.2	滑动轴承的典型结构	221			

11.7.3	液体动压多叶滑动轴承	245	13.3.7	提高轴的强度和刚度 的措施	279
11.7.4	液体动压止推滑动轴承	245	13.4	轴的强度计算	284
11.7.5	液体静压径向滑动轴承	246	13.4.1	轴的受力分析及计算简图	284
11.7.6	关节轴承	247	13.4.2	轴的内力分析	285
11.7.7	电磁轴承	247	13.4.3	轴的弯扭合成强度计算	285
第 12 章 联轴器、离合器、制动器		251	13.4.4	轴的安全系数校核计算	286
12.1	联轴器	251	13.5	轴的刚度计算和振动稳定性 概念	291
12.1.1	刚性联轴器	251	13.5.1	轴的刚度计算	291
12.1.2	挠性联轴器	252	13.5.2	轴的振动稳定性概念	291
12.1.3	安全联轴器	259	第 14 章 弹簧设计		295
12.1.4	联轴器的选择	259	14.1	弹簧的功用和类型	295
12.2	离合器	261	14.1.1	弹簧的功用	295
12.2.1	离合器的功用、分类及其基本 要求	261	14.1.2	弹簧的类型	295
12.2.2	操纵离合器	261	14.2	弹簧的特性线和变形能	296
12.2.3	自控离合器	264	14.2.1	弹簧的特性线和弹簧刚度	296
12.3	制动器	265	14.2.2	弹簧的变形能	297
12.3.1	制动器的功用、分类及其 基本要求	265	14.3	弹簧的材料和制造	298
12.3.2	外抱块式制动器	266	14.3.1	弹簧的材料	298
12.3.3	带式制动器	266	14.3.2	弹簧的制造	299
12.3.4	内涨蹄式制动器	266	14.4	圆柱螺旋压缩弹簧和拉伸弹簧 的结构	300
12.3.5	盘式制动器	267	14.4.1	圆柱螺旋压缩弹簧的结构	300
第 13 章 轴的设计		269	14.4.2	圆柱螺旋拉伸弹簧的结构	300
13.1	概述	269	14.5	圆柱螺旋弹簧的设计	301
13.1.1	轴的功用、分类及组成	269	14.5.1	弹簧的基本参数和特性线	301
13.1.2	轴的主要设计内容和 设计要求	271	14.5.2	弹簧的强度计算	303
13.1.3	轴的设计步骤	271	14.5.3	弹簧的刚度计算	305
13.2	轴的常用材料及选择	271	14.5.4	弹簧的稳定性计算	305
13.2.1	轴毛坯的选择	271	14.5.5	变载荷圆柱螺旋(拉伸)压缩 弹簧的强度验算	306
13.2.2	轴的常用材料及选择	272	14.6	其他类型弹簧简介	308
13.3	轴的结构设计	273	14.6.1	圆柱扭转螺旋弹簧	308
13.3.1	轴上零件的布置和装配	273	14.6.2	碟形弹簧	309
13.3.2	轴的最小直径估算	274	14.6.3	环形弹簧	310
13.3.3	轴上零件的轴向定位 与固定	275	14.6.4	橡胶弹簧	310
13.3.4	轴上零件的周向固定	277	14.6.5	空气弹簧	311
13.3.5	各轴段直径和长度的确定	277	参考文献		313
13.3.6	轴的结构工艺性	278			

第 0 章

绪 论

0.1 课程的研究对象

“机械设计”课程的研究对象是机器及组成机器的机械零部件。

机器是执行机械运动的装置，可用来变换或传递能量、物料和信息。在人类的生产和生活中，使用机器可以代替或减轻人的体力劳动和辅助人的脑力劳动，极大地提高劳动生产效率和改善劳动条件，显著地提高产品质量和生活质量。在某些人们难以从事或者无法从事的复杂、艰难、危险的场合，机器更是一种不可缺少的重要工具。大量设计制造和广泛使用各种先进的机器，既是促进国民经济发展的主要内容，也是体现一个国家的技术水平和综合国力及现代化程度的重要标志。

机器的种类极多，其构造、性能及用途的差异显著，但从机械设计的角度来看，它们都具有许多共同的特点。

例如，常见的一些机器（汽车、车床、洗衣机等），它们都装有一个（或几个）原动机（电动机、内燃机等），并通过机器中的一系列传动，把原动机的动作转变为完成机器功能的执行动作（汽车的前进、倒退，机床主轴的旋转等），用以克服工作阻力，输出机械功。所以，一台完整机器的核心组成主要是原动部分、传动部分和工作执行部分。尽管在现代化机器的正常工作中还需要一些辅助系统，如电气系统、液压系统、气动系统、润滑系统、冷却系统、控制系统、监测系统等，但机器的主体部分仍然是其中的机械系统。

从制造装配的角度来看，任何机器的机械系统都是由独立加工、独立装配的基本单元体所组成的。此基本单元称为机械零件，简称零件，如单个的螺钉、齿轮、轴等。所以，机器的基本组成要素是机械零件。此外，为了实现某一功能，并便于机器的设计、制造、装配和维修，通常把由一组协同工作的零件组合起来形成一个相对独立的装配单元，这一独立的装配单元称为部件，如联轴器、滚动轴承、减速器等。机械零件与部件常合称为机械零部件。

机械零件及部件可分为两大类：一类是在各种机器中普遍使用的零部件，称为通用零部件，如螺钉、齿轮、带轮、直轴、弹簧等零件，联轴器、离合器、减速器、滚动轴承等部件；另一类是专用零部件，专用零部件只在特定类型的机器中使用，如直升机的螺旋桨、水泵的叶轮、内燃机的曲轴和活塞、纺织机中的织梭和纺锭、离心分离机中的转鼓等。

应注意，本课程主要研究的是在普通条件下工作的、具有一般尺寸与参数的通用零部件，并不包括专用零部件、巨型的和微型的通用零部件，以及在高温、高压等特殊条件下工作的通用零部件，对机器的原动部分和工作执行部分也不进行专门研究。

机械设计是指根据对机械产品的使用要求, 经过调查研究, 应用当代先进技术成果, 并通过设计人员的创造性思维, 做出分析和决策, 最终将输入的物料(毛坯及各种物体)、能量(机械能、电能、光能等)或信号(测量值、控制信号等)转化为技术先进、性能优良、经济性好、造型优美、满足用户需要的技术装置或机械的过程, 或者是在现有机器的基础上, 进行创新或局部改革而推出新一代产品的过程。

机械设计是创新或改造机械产品的第一步, 也是决定机械产品性能、质量、成本等的最主要、最重要的环节。据统计, 机械产品的生产成本中约有 70% 由设计阶段决定。这是因为包括选择零件材料, 选用标准通用零部件, 对零部件、整机的结构与优化, 设计工艺流程及估算成本等工作, 均已在设计阶段基本确定。因此, 机械工程类专业的学生学习本课程, 无疑是十分必要和非常重要的。

0.2 课程的内容、性质和任务

本课程的主要内容是介绍机器的机械部分设计的基本知识、基本理论和基本方法。本课程讨论的具体内容为以下三个方面。

(1) 机械设计的一般知识、理论、原则和方法(绪论及第 1~3 章)。

(2) 机械零部件的设计(第 4~14 章)。具体包括:

- ① 传动部分 带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动及螺旋传动;
- ② 连接部分 螺纹连接、键及花键连接、销连接、过盈连接、胀紧连接及型面连接;
- ③ 轴系部分 滚动轴承、滑动轴承、轴、联轴器、离合器及制动器;
- ④ 弹簧。

(3) 机器的总体设计。结合课外大作业及课程设计进行。

由上可知, “机械设计”课程是一门介绍一般通用零部件设计方法的技术基础课程, 其学习内容将涉及并综合应用各先修课程(高等数学、机械制图、互换性与技术测量、理论力学、材料力学、金属工艺学和机械原理等)的基础理论知识和方法, 也与工程生产有着密切的联系。同时, 本课程又将对后续专业课程的学习起着基础和先导作用。因而, 本课程在学生的整个学习过程中起着重要的承上启下的作用。

本课程的主要任务是通过理论教学和实践环节的训练, 培养学生:

(1) 树立理论联系实际的正确设计思想, 初步开发学生的创新思维和提高创新设计的能力;

(2) 掌握通用机械零部件的设计原理、设计方法和机械设计的一般规律, 具有设计通用机械传动装置和简单机械的能力;

(3) 具有运用机械设计手册、图册、标准和规范, 以及查阅有关技术资料的能力, 掌握典型机械零件的试验方法, 具有基本的实验技能;

(4) 了解国家的有关技术经济政策和调整变化情况, 并对机械设计的新发展及现代设计方法有所了解。

通过本课程的学习, 将使树立工程实际观念, 提高观察问题、分析问题和解决问题的能力, 增强对机械技术工作的适应性, 初步建立进行机械产品开发创新设计的意识, 为专业课程的学习和培养机械类高级应用型工程技术人才打下重要的基础。

0.3 课程的特点和学习方法

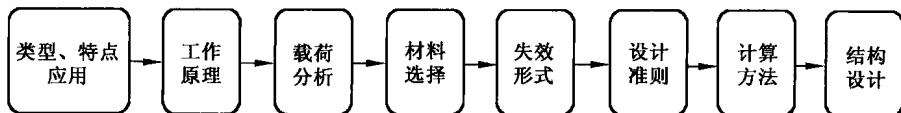
本课程是机械类专业的一门设计性主干技术基础课程,起到从理论性课程过渡到设计性课程、从基础课程过渡到专业课程的作用。因此,本课程有着既不同于一般公共基础课程,又区别于后续专业课程的显著特点。了解和掌握本课程的特点,在学习过程中着重于基本概念的理解和设计方法的掌握,强调对设计能力的训练,并注意开发培养创造性思维能力,是学好本课程的重要条件。现结合本课程的特点,对学习中应注意的几个问题提出建议和指导,供学习者参考。

(1) 本课程的内容涉及多门先修课程和同修课程的知识,如机械制图(理解和表达机械零部件的结构)、理论力学(机械零部件在工作中的受力分析)、材料力学(基本的强度计算方法)、金属工艺学(金属材料的性能、热处理、选用)、机械原理、互换性与技术测量(机械零件的精度设计)、机械制造基础等(零件的结构、加工),所以,本课程是一门知识面宽、综合性强的课程,学习中要随时复习和巩固有关先修课程,学好有关同修课程,并注意训练和提高应用各门课程知识的能力。

(2) 本课程以培养学生对机械零部件及简单机械的设计能力为根本目标,是一门实践性很强的课程。学习中一定要抓住“设计”这一环节,在学好设计基本知识、基本理论的同时,重视设计的实际训练,尤其是要重视本课程的课程设计环节。通过实际的设计训练,培养和提高机械设计的能力,尤其是要重视提高机械零部件结构设计的能力和熟练查阅、使用设计手册及各种技术资料的技能,真正实现“能设计”的学习目标。

(3) 影响机械零部件工作能力的因素很多且错综复杂,因而本课程中许多机械零部件的设计原理和设计公式是带有条件的,不少机械零部件的设计公式中涉及多个参数与系数,使设计表现出某种不确定性,设计结果也往往不是唯一的。学习时一要注意原理与公式的适用条件,弄清实际情况是否与适用条件相同;二要准确把握设计公式中各参数间的关系和系数的意义与取值;三要正确对待设计结果,尤其是要正确对待理论计算的结果。通常,理论计算结果要服从结构设计和加工工艺的要求。此外,不少零部件的尺寸并不是由理论计算一次确定的,而是先由结构设计或凭经验初定尺寸,再经过校核、修改(若校核不满足)后确定的;有些零部件设计公式中的参数或系数,在开始设计时是不能确定的,同样需要经过“先初选,再校核,最后确定”的设计过程。这种设计方法,是机械零部件设计中常用的方法,学习中要逐步地适应和很好地掌握。

(4) 本课程的主要内容是关于通用零部件的设计问题,涉及的零部件较多,学习时既要注意区分不同零部件在功效、应用、载荷、应力、材料、失效形式、设计准则、计算公式、结构等方面的差别,又要把握不同机械零部件的设计所遵循的一些共同规律。一般来说,在机械零部件的参数设计中,分析问题的大致思路及设计步骤如下所示:



(5) 本课程介绍的机械设计方法主要是理论设计方法。但工程实际中的许多现象目前还难以用理论解释清楚,有些问题还难以进行精确的定量计算,有些数据还不能完全由理论分析及计算获得。所以,实际设计工作中往往要借助类比、实验等经验性的设计手段,或者使用经验公

式和由实验提供的设计数据,更需要借助设计人员长期积累的设计经验。这就要求设计技术人员既要认真学习和掌握机械理论设计的方法,也要重视对经验设计方法的了解和学习,切不可轻视经验设计。经验设计虽无详细的理论分析,但有实践基础和依据,有一定的实用价值。

(6) 机械零部件是机器的基本组成部分。在不同的机器中,同样的零部件在受力情况、设计要求及设计特点等许多方面将会有所不同。所以,机械零部件的设计总是和具体机械或机电产品的开发设计联系在一起的。要真正学好本课程,真正掌握机械零部件设计,必须注意培养和建立整机设计的观念,从产品开发设计的高度来对待机械零部件设计问题。要结合产品的制造与装配工艺、市场前景及产品的经济性来考虑机械零部件设计问题。此外,在市场竞争日趋激烈的今天,产品的开发设计离不开改进、改革与创新,学生应努力增强创新意识,培养创新设计能力,以积极创新的精神对待本课程的学习,对待机械零部件设计问题。还要增强市场意识和工程意识,从市场与工程的角度来考虑机械零部件设计问题。

本章学习要点

了解本课程的研究对象,了解零件和部件的概念,了解通用零件和专用零件的概念,了解机械设计的概念,了解本课程的内容、性质和任务,了解本课程的特点和学习方法。

思考题

- 0.1 本课程的研究对象是什么?
- 0.2 机器的机械主体由几大部分组成?
- 0.3 什么叫零件?什么叫部件?
- 0.4 简述本课程的主要内容。
- 0.5 本课程的性质是什么?
- 0.6 简述机械零部件设计中分析问题的一般思路及步骤。

自测题

- 0.1 机械设计课程的研究对象是_____。
- 0.2 在以下的机械零件中:发动机的进排气阀弹簧、汽轮机的汽轮叶片、起重机的吊钩、车床变速箱中的齿轮、船舶的螺旋桨、自行车的链条,_____是专用零件而不是通用零件。
- 0.3 在以下的机械零部件中:减速器中的轴、纺织机的织梭、电动机中的滚动轴承、螺旋千斤顶中的螺杆、洗衣机中的V带、柴油机中的曲轴,_____是通用零件而不是专用零件。
- 0.4 “机械设计”课程研究的主要对象是()。
A. 各类常用机构 B. 专用零件和部件 C. 通用零件和部件 D. 各种机器

第 1 章

机械设计概论

由绪论知，机械是机器和机构的总称，零件是组成机器的基本单元，因此机械设计包括机器和机构设计两大部分内容。本课程只讨论机器的设计，即在本课程中，机械设计与机器设计同义，并重点介绍机械零部件设计。

机械设计是指设计开发新的机器设备或改进现有的机器设备，是一项具有创造性要求的工作。学好本课程，掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法，首先必须对机器的基本要求、设计程序和内容、设计方法等有一定的了解和掌握。

1.1 机器应满足的主要要求

机器的种类虽然很多，但设计时的主要要求往往是共同的。根据对现有机器的分析，现代机器的设计一般应满足以下几个方面的要求。

1. 预定功能要求

机器必须具有预定的使用功能，以达到预期的使用目的。这主要靠正确地选择机器的工作原理，正确地设计或选用原动机、传动机构和执行机构，以及合理地配置辅助系统来保证。

2. 经济性要求

机器的经济性体现在机器的设计、制造和使用的全过程中，包括设计制造经济性和使用经济性。设计制造经济性表现为机器的成本低，使用经济性表现为高生产率、高效率、较低的能源与原材料消耗，以及低的管理和维护费用等。设计机器时应最大限度地考虑其经济性。

提高设计制造经济性的主要途径有：①尽量采用先进的现代设计理论和方法，力求参数最优化，应用 CAD 技术，加快设计进度，降低设计成本；②合理组织设计和制造过程；③最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件；④合理选用材料，改善零件的结构工艺性，尽可能地采用新材料、新结构、新工艺和新技术，使其用料少，质量小，加工费用低，易于装配；⑤尽力改善机器的造型设计，扩大销售量。

提高机器使用经济性的主要途径有：①提高机器的机械化、自动化水平，以提高机器的生产率和生产产品的质量；②选用高效率的传动系统和支承装置，从而降低能源消耗和生产成本；③注意采用适当的防护、润滑和密封装置，以延长机器的使用寿命，并避免环境污染。

3. 劳动保护要求和环境保护要求

设计机器时应满足劳动保护要求和环境保护要求，一般可从以下两个方面着手。

(1) 保护操作者的人身安全,减轻操作时的劳动强度。具体措施有:对外露的运动件加设防护罩;设置完善的能消除和避免不正确操作等引起危害的安全保险装置和报警信号装置;减少操作动作单元,缩短动作距离;操纵应简便省力,简单而重复的劳动要利用机械本身的机构来完成,做到“设计以人为本”。

(2) 改善操作者及机器的环境。具体措施有:降低机器工作时的振动与噪声;防止有毒、有害介质渗漏;进行废水、废气和废液的治理;美化机器的外形及外部色彩。

总之,应使所设计的机器符合国家劳动保护法规的要求和环境保护的要求。

4. 可靠性要求

机器在预定工作期限内必须具有一定的可靠性。机器可靠性的高低常用可靠度 R 来表示。机器的可靠度是指机器在规定的工作期限内和规定的工作条件下,无故障地完成规定功能的概率。机器在规定的工作期限和条件下丧失规定功能,不能正常工作称为失效。

提高机器可靠度的关键是提高其组成零部件的可靠度。此外,从机器设计的角度考虑,确定适当的可靠性水平,力求结构简单,减少零件数目,尽可能选用标准件及可靠零件,合理设计机器的组件和部件,必要时选取较大的安全系数,采用备用系统等,对提高机器可靠度也是十分有效的。

5. 其他特殊要求

对不同的机器,还有一些为该机器所特有的要求。例如,对食品机械有保持清洁与不能污染产品的要求;对机床有长期保持精度的要求;对飞机有质量小与飞行阻力小等要求。设计此类机器时,不仅要满足前述共同的基本要求,还应满足其特殊要求。

此外,要指出的是,随着社会的不断进步和经济的高速增长,在许多国家和地区,机器的广泛使用使自然资源被大量地消耗和浪费,自然环境也遭到严重的破坏。这一切使人类自身的生存和发展受到了严重的威胁,人们对此已有了较为深刻的认识,并提出了可持续发展的观念和战略,即人类的进步必须建立在经济增长与环境保护相协调的基础之上。因此,设计机器时除了满足以上基本要求和某些特殊要求外,还应该考虑满足可持续发展战略的要求,采取必要的措施,尽量减少机器对环境和资源的不良影响。具体措施包括:①使用清洁的能源,如太阳能、水力、风力及现有燃料的清洁燃烧;②采用清洁的材料,即采用低污染、无毒、易分解、可回收的材料;③采用清洁的制造过程,不消耗对环境产生污染的资源,无“废气、废水、废物”排放;④使用清洁的产品,即在使用机器过程中不污染环境,机器报废后易回收。

1.2 机器设计的一般程序及主要内容

机器的质量基本上是由设计质量所决定的,而制造过程主要就是实现设计时所规定的质量。机器设计是一项复杂的工作,必须按照科学的程序来进行。机器设计的一般程序及主要内容可概括如下。

1. 计划阶段

这是机器设计整个过程中的准备阶段。在计划阶段要进行所设计机器的需求分析和市场预测,在此基础上确定所设计机器的具体功能和性能参数,并根据现有的技术、资料及研究成果,

分析其实现的可能性,明确设计中的关键问题,拟订设计任务书。设计任务书大体上应包括:机器的功能,技术经济指标及环保要求估计(应与国内外的指标及要求对比),主要参考资料和样机,关键制造技术,特殊材料,必要的试验项目,完成设计任务的预期期限,其他特殊要求等。只有在充分调查研究和仔细分析的基础上,才能形成合适、可行的设计任务书。

2. 方案设计阶段

方案设计的成败,直接关系到整个机器设计的成败。按照设计任务书的要求,方案设计阶段的主要工作有以下几个部分。

1) 拟订执行机构方案

(1) 选择机器的工作原理。设计一台机器,首先要根据预期的机器功能选择机器的工作原理,再进行工艺动作分析,定出其运动形式,从而拟订所需执行构件的数目和运动。不同的机器工作原理,所设计出的机器就会根本不同。同一种工作原理,也可能有多种不同的结构方案。在多方案的情况下,应对其中可行的不同方案从技术、经济及环境保护等方面进行综合评价,从中选定一个综合性能最佳的方案。

(2) 拟订原动机方案。该项工作包括选择原动机类型及其运动参数。一般机器中大多选用电动机。

(3) 机构的选型。该项工作包括传动机构和执行机构的选型,但主要是执行机构的选型。

(4) 正确设计执行机构间运动的协调、配合关系。

2) 拟订传动系统方案

拟订传动系统方案时主要考虑的问题有:合理设计传动路线,合理安排传动机构顺序,合理安排功率传递顺序,合理分配传动比及注意提高机械效率等。

3) 传动系统运动尺寸设计

主要目的是确定各执行机构运动尺寸和传动系统中齿轮、链轮的齿数,以及链轮、带轮的直径等,并绘制各执行机构的运动简图和整个传动系统的运动简图。

4) 传动系统运动、动力分析

其中动力学计算将为以后零件的工作能力计算提供数据。根据动力学计算的结果,可粗略计算原动机所需功率,从而选定原动机的型号和规格。

5) 考虑总体布局并画出传动简图

总体布局时还应考虑一些其他装置和必要的附属设备的配置,如操纵、信号等装置,以及润滑、降温、吸尘、排屑等设备的配置,并应在传动简图中明确表示出来。

3. 技术设计阶段

技术设计的目标是给出正式的机器总装配图、部件装配图和零件工作图,主要工作有以下几个方面。

(1) 零部件工作能力设计和结构设计。

(2) 部件装配草图和总装配草图的设计。草图设计过程中应对所有零件进行结构设计,协调各个零件的结构和尺寸,应全面考虑零部件的结构工艺性。

(3) 主要零件校核计算。有些零件(如转轴等)必须在草图设计后才能确定其基本结构和尺寸,确定其受力。因此,对其中重要的或受力复杂的零件,应进行有关的校核计算。

(4) 零件工作图设计。

(5) 完成部件装配图和总装配图设计。

4. 编制技术文件阶段

需要编制的技术文件有：机器设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表及易损件（或备用件）清单等。

以上介绍的机器的设计程序并不是一成不变的。在实际设计工作中，上述设计步骤往往是相互交叉或相互平行的。例如，计算和绘图、装配图和零件图的绘制，就常常是相互交叉、互为补充的。一些机器的继承性设计或改型设计，则常常直接从技术设计开始，整个设计步骤大为简化。机器设计过程中还少不了各种审核环节，如方案设计与技术设计的审核、工艺审核和标准化审核等。

此外，从产品设计开发的全过程来看，完成上述设计工作后，接着是样机试制，这一阶段随时都会因工艺原因修改原设计，甚至在产品推向市场一段时间后，还会根据用户反馈意见修改设计或进行改型设计。作为一个合格的设计工作者，完全应该将自己的设计视野延伸到制造和使用的全过程，这样才能不断地改进设计和提高机器质量，更好地满足生产及生活的需要。但这些设计工作毕竟是属于另一层次的设计工作，机器设计的主要内容与步骤仍然是以上介绍的四大部分。

1.3 机械零件设计的基本要求及一般步骤

1.3.1 机械零件设计的基本要求

机器是由机械零件组成的，因此设计的机器是否满足前述基本要求，零件的设计情况将起着决定性的作用。为此，对机械零件提出以下基本要求。

1. 强度、刚度及寿命要求

强度是指零件抵抗破坏的能力。零件强度不足，将导致过大的塑性变形甚至断裂破坏，使机器停止工作甚至发生严重事故。采用高强度材料，增大零件截面尺寸，合理设计截面形状，采用热处理及化学处理方法，提高运动零件的制造精度，合理配置机器中各个零件的相互位置等，均有利于提高零件的强度。

刚度是指零件抵抗弹性变形的能力。零件刚度不足，将导致过大的弹性变形，引起载荷集中，影响机器工作性能，甚至造成事故。例如，机床的主轴、导轨等，若刚度不足，会使变形过大，将严重影响所加工零件的精度。零件的刚度分整体变形刚度和表面接触刚度两种。增大零件截面尺寸或增大截面惯性矩，缩短支承跨距或采用多支点结构等措施，都将有利于提高零件的整体刚度。增大贴合面及采用精细加工等措施，将有利于提高零件的接触刚度。一般而言，满足刚度要求的零件，也满足其强度要求。

寿命是指零件正常工作的期限。影响零件寿命的主要因素有：材料的疲劳、腐蚀、相对运动零件接触表面的磨损及高温下零件的蠕变等。提高零件抗疲劳破坏能力的主要措施有：减小应力集中，保证零件有足够大小的尺寸，提高零件表面质量等。提高零件耐腐蚀性能的主要措施有：选用耐腐蚀材料和采取各种防腐的表面保护措施。至于磨损与提高耐磨性问题及抗蠕变问题，可参阅有关专著。