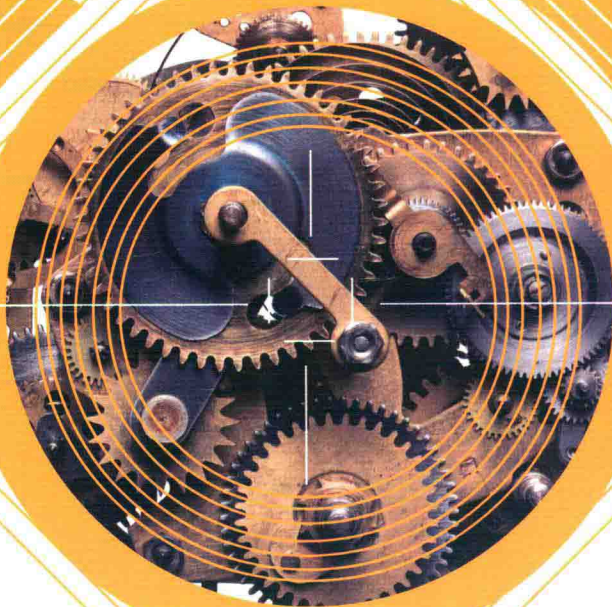




高职高专**机械设计与制造**专业规划教材

机械设计基础与课程设计

于文强 赵相路 主 编
孙 冰 宋道沙 孙 慧 牛艳萍 副主编
王兰美 主 审



赠送
电子课件

本书特色

- ✿ 以机械设计为主线，将机械原理、机械零件等课程的主要内容进行精选，优化组合，使其成为一本完整系统的综合化教程。
- ✿ 着眼于高职高专教育对人才培养目标的要求，体现高等职业教育的特色，采用国家最新的相关标准和规范，强调培养学生的创新精神。
- ✿ 内容全面，涵盖机械设计的指导思想、基本理论和基本知识，以及设计准则、计算方法和具体步骤。



清华大学出版社

高职高专机械设计与制造专业规划教材

机械设计基础与课程设计

于文强 赵相路 主 编

孙 冰 宋道沙 孙 慧 牛艳萍 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书按照教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会制定的“机械设计基础课程教学基本要求”编写,并在此基础上适当地扩充了内容。

全书共分为4篇,第一篇主要介绍了常用的机构原理及相应的设计资料;第二篇主要介绍了包括齿轮传动、蜗杆传动、挠性传动、轮系、轴承、轴、联轴器与离合器等传动零部件在内的设计计算相关知识;第三篇主要介绍了连接与支撑零部件的相关设计资料;第四篇以圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器与圆柱蜗杆减速器为设计对象,较为详细、具体地介绍了课程设计的具体步骤及设计规范。各章节经典例题选用现代设计工具软件进行设计、优化分析,实现基础理论与现代工具的运用融合;每章后附有习题,可辅助读者进行知识的巩固学习。

本书可作为高职高专院校机械工程、机电工程、机械制造以及与机械有关专业的教材,也可以作为机械设计与制造行业培训或职业资格认证的参考读物。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础与课程设计/于文强,赵相路主编. —北京:清华大学出版社,2016
(高职高专机械设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-44706-1

I. ①机… II. ①于… ②赵… III. ①机械设计—课程设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第185401号

责任编辑:陈冬梅 桑任松

装帧设计:王红强

责任校对:周剑云

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.75 字 数:500千字

版 次:2016年8月第1版 印 次:2016年8月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.80元

产品编号:061871-01

前 言

《机械设计基础与课程设计》是机械设计基础课程的配套教材。本书从普通高等教育机械类应用型人才及卓越工程师培养的需要出发,根据教育部有关“机械设计基础”课程教学基本要求和近几年教学内容改革和综合能力培养的需要,汲取各院校在培养应用型人才方面的经验和成果,密切结合工程实际并充分运用现代设计方法,结合编者多年的教学经验和教改实践编写而成,可供机械及近机械类、机电类各专业使用。

本书以常见的齿轮减速器课程设计为例,引出了各类相关的零部件设计资料及原理,系统地介绍了机械传动装置的设计内容、步骤和方法,并注重设计思路 and 现代设计方法的引导,启发学生把先修课程的理论知识融会贯通地应用到设计中去。将课程设计指导书、设计参考图、有关国家标准规范及设计参考资料等有机地结合起来,是一本适用于课程讲授与课程设计的教材。

本书作为机械学科课程体系中的一门专业基础课教材,在编写中力求具有如下特色。

(1) 对课程设计所需设计资料进行了重新编排与整理。按照实际工程的内在联系和认识的一般规律,将全书内容分为4篇进行阐述。第一篇主要介绍常用机构原理与设计;第二篇包括各类传动零部件设计;第三篇包括连接、支撑零部件设计;第四篇为常见齿轮减速器课程设计内容。

(2) 本书不仅讲述课程设计相关理论与方法,而且涵盖了系统的机械设计基础知识体系与设计资料,最大的特色在于融入了现代设计工具的应用方法,使得学生所学的理论知识有确切的工程实践命题得以印证。

(3) 本书编写组创建QQ群:39024033,用于专业教师同行探讨问题、研究教学方法、交流教学资源,同时为本书提供课件下载。

本书由山东理工大学于文强、重庆大学机械传动国家重点实验室赵相路、湖南常德职业技术学院宋道沙、内蒙古包头职业技术学院孙慧、内蒙古呼和浩特职业学院牛艳萍等教学一线的老师合作编写,由山东中天科技工程有限公司工程师孙冰担任技术指导。本书编写的具体分工如下:于文强编写第1~9章,赵相路编写第10~12章,孙冰编写第13、14章,宋道沙编写第15、16章,孙慧编写第17~20章,牛艳萍编写第21~23章。

本书由山东理工大学王兰美教授担任主审,在此表示衷心的感谢。在编写过程中,我们参考了相关文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢!

尽管我们为本书付出了十分的努力和心血,但书中仍存在不足之处,恳请广大同行和读者批评指正,编者邮箱:yyu2000@126.com。

编 者

目 录

绪论	1
0.1 机械的组成	1
0.1.1 机器与机构	1
0.1.2 机构、部件、构件与零件	2
0.2 本课程的研究内容和任务	2
0.2.1 本课程研究的主要内容	2
0.2.2 本课程的主要任务	3
0.3 机械设计的基本要求和一般步骤	3

0.3.1 机械设计的基本要求	3
0.3.2 机械零件的设计准则	4
0.3.3 机械零件设计的一般步骤	4
0.4 课程设计的基本要求和内容	5
0.4.1 课程设计的目的	5
0.4.2 课程设计的内容及任务	5
0.4.3 课程设计的一般步骤	6
0.4.4 课程设计应注意的问题	7

第 1 篇 常用机构原理及设计资料

第 1 章 平面机构的运动简图及自由度	8
1.1 机构的组成	8
1.1.1 运动副的概念	8
1.1.2 自由度与约束条件	8
1.1.3 平面运动副的分类	9
1.2 平面机构的运动简图	9
1.2.1 机构运动简图的定义	9
1.2.2 平面机构运动简图的绘制	10
1.2.3 利用 ADAMS 进行颚式破碎机的运动分析	12
1.2.4 利用 ADAMS 进行单缸内燃机的运动分析	13
1.3 平面机构的自由度	14
1.3.1 平面机构自由度的计算	14
1.3.2 平面机构具有确定运动的条件	15
1.3.3 计算平面机构自由度时应注意的事项	16
习题	18

第 2 章 平面连杆机构	19
2.1 铰链四杆机构的基本类型与工作特性	19
2.1.1 铰链四杆机构的基本类型	19
2.1.2 铰链四杆机构的工作特性	21
2.1.3 利用 ADAMS 进行牛头刨床机构的运动分析	23
2.2 铰链四杆机构的曲柄存在条件	25
2.3 平面四杆机构的演化	26
2.3.1 曲柄滑块机构	26
2.3.2 导杆机构	27
2.3.3 摇块机构和定块机构	28
2.3.4 偏心轮机构	28
2.4 平面四杆机构的图解法设计	29
2.4.1 按给定的行程速比系数 K 设计平面四杆机构	29
2.4.2 按给定的连杆位置设计平面四杆机构	30
习题	30



第3章 凸轮机构	32
3.1 凸轮机构的组成和分类	32
3.1.1 凸轮机构的组成	32
3.1.2 凸轮机构的分类	33
3.2 从动件的常用运动规律	34
3.2.1 等速运动规律	35
3.2.2 等加速等减速运动规律	35
3.2.3 简谐运动规律	36
3.3 图解法设计凸轮轮廓	36
3.3.1 凸轮轮廓设计的基本原理	36
3.3.2 对心直动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	37
3.3.3 偏置直动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	39
3.3.4 利用 ADAMS 进行凸轮机构的设计与仿真	40
3.4 凸轮机构基本参数的确定	42
3.4.1 凸轮机构压力角及其许用值	42
3.4.2 滚子半径的选择	43
3.4.3 基圆半径的确定	44
3.5 圆柱凸轮机构的课程设计	44

3.5.1 滚子直动从动件圆柱凸轮轮廓的设计	45
3.5.2 滚子摆动从动件圆柱凸轮展开轮廓曲线的设计	46
3.5.3 直动-摆动从动件圆柱凸轮组合机构设计实例	49
习题	52

第4章 间歇运动机构	53
4.1 棘轮机构	53
4.1.1 棘轮机构的工作原理	53
4.1.2 棘轮机构的类型	53
4.1.3 棘轮机构的应用	55
4.2 槽轮机构	55
4.2.1 槽轮机构的组成及工作原理	55
4.2.2 槽轮机构的分类及运用	56
4.3 不完全齿轮机构	57
4.4 凸轮间歇运动机构	58
4.5 间歇运动机构的课程设计	58
4.5.1 棘轮机构的设计	58
4.5.2 槽轮机构的设计	60
习题	62

第2篇 传动零部件资料及设计

第5章 齿轮传动	63
5.1 齿轮传动的类型、特点及应用	63
5.1.1 齿轮传动的类型	63
5.1.2 齿轮传动的特点及应用	63
5.2 齿廓啮合基本定律	64
5.3 渐开线和渐开线齿廓的啮合特性	65
5.3.1 渐开线及其性质	65
5.3.2 渐开线齿廓满足定传动比传动的要求	66
5.3.3 渐开线齿廓的啮合特性	67
5.4 标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	68
5.4.1 齿轮各部分的名称及符号	68

5.4.2 标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	69
5.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	71
5.5.1 正确啮合条件	71
5.5.2 连续传动条件	72
5.5.3 正确安装条件	73
5.6 渐开线直齿圆柱齿轮的加工	74
5.6.1 齿轮轮齿的加工方法	74
5.6.2 轮齿的根切现象、齿轮的最小齿数	76
5.6.3 变位齿轮简介	76
5.7 轮齿的失效形式和齿轮材料	77

5.7.1 轮齿的失效形式.....	77	6.1.2 蜗杆传动的类型.....	104
5.7.2 设计准则.....	79	6.1.3 利用 ADAMS 进行蜗杆 传动啮合的运动仿真.....	105
5.7.3 齿轮材料.....	79	6.2 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何 尺寸.....	107
5.8 直齿圆柱齿轮的强度计算.....	81	6.2.1 圆柱蜗杆传动的主要参数.....	107
5.8.1 轮齿的受力分析和载荷计算.....	81	6.2.2 蜗杆传动的几何尺寸计算.....	109
5.8.2 齿根弯曲强度计算.....	82	6.3 蜗杆传动的失效形式、材料 和结构.....	111
5.8.3 齿面接触疲劳强度计算.....	83	6.3.1 蜗杆传动的失效形式及材料 选择.....	111
5.8.4 轮齿的许用弯曲应力和许用 接触应力.....	84	6.3.2 蜗杆、蜗轮的结构.....	111
5.8.5 齿轮强度计算中的参数选择.....	85	6.4 蜗杆传动的受力分析和强度计算.....	112
5.8.6 利用 ADAMS 进行圆柱齿轮 啮合的仿真分析.....	86	6.4.1 蜗杆传动的受力分析.....	112
5.9 斜齿圆柱齿轮传动.....	88	6.4.2 蜗杆传动的强度计算.....	113
5.9.1 斜齿圆柱齿轮齿廓的形成及 啮合特点.....	88	6.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡 计算.....	113
5.9.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数和 几何尺寸计算.....	89	6.5.1 蜗杆传动的效率.....	113
5.9.3 斜齿轮正确啮合的条件和 重合度.....	91	6.5.2 蜗杆传动的润滑.....	114
5.10 直齿圆锥齿轮传动.....	92	6.5.3 热平衡计算.....	114
5.10.1 圆锥齿轮传动概述.....	92	6.6 阿基米德蜗轮蜗杆在 SolidWorks 中的建模与装配.....	115
5.10.2 圆锥齿轮的齿廓曲线、 背锥和当量齿数.....	93	6.6.1 阿基米德蜗杆的建模方法.....	115
5.10.3 标准直齿圆锥齿轮的几何 尺寸计算.....	95	6.6.2 阿基米德蜗轮轮齿的建模 方法.....	116
5.11 齿轮传动的润滑.....	96	6.6.3 阿基米德蜗轮蜗杆建模与 装配实例.....	117
5.12 斜齿圆柱齿轮 SolidWorks 三维 设计实例.....	97	习题.....	119
5.12.1 绘制齿形.....	97	第 7 章 挠性传动.....	120
5.12.2 创建齿条.....	98	7.1 带传动的类型、特点及运用.....	120
5.12.3 创建齿轮基体.....	99	7.1.1 带传动的类型.....	120
5.12.4 创建齿轮安装孔.....	100	7.1.2 带传动的特点与运用.....	121
习题.....	101	7.2 V 带和带轮的结构.....	122
第 6 章 蜗杆传动.....	103	7.2.1 普通 V 带的结构和尺寸 标准.....	122
6.1 概述.....	103	7.2.2 V 带轮的结构.....	124
6.1.1 蜗杆传动的特点.....	103		



7.3 带传动的工作情况分析	125
7.3.1 带传动的受力分析	125
7.3.2 带传动的应力分析	126
7.4 普通 V 带传动的计算	128
7.4.1 带传动的失效形式和设计 准则	128
7.4.2 单根 V 带的基本额定 功率 P_0	128
7.4.3 带传动设计的原始数据及 内容	130
7.4.4 设计步骤和传动参数的选择	130
7.5 带传动的张紧、安装及维护	133
7.5.1 V 带传动的张紧	133
7.5.2 带传动的安装与维护	134
7.6 链传动简介	134
7.6.1 链传动的组成、特点、 分类及应用	134
7.6.2 滚子链的结构及标准	135
7.6.3 链传动的运动特性	136
7.6.4 链传动的设计简介及主要 参数的选择	137
习题	138

第 8 章 轮系

8.1 轮系及其分类	139
8.1.1 定轴轮系	139
8.1.2 周转轮系	139
8.1.3 复合轮系	140
8.2 定轴轮系传动比的计算	140
8.2.1 一对齿轮啮合的传动比	141
8.2.2 定轴轮系传动比的计算	141
8.3 周转轮系传动比的计算	143
8.3.1 周转轮系的组成	143
8.3.2 周转轮系传动比的计算	144
8.4 复合轮系传动比的计算	146
8.5 轮系的应用	147

8.5.1 轮系的应用	147
8.5.2 利用 ADAMS 进行汽车后 桥差速器轮系的设计与运动 分析	148
习题	151

第 9 章 轴承

9.1 轴承的分类	152
9.2 滚动轴承的结构、类型和代号	152
9.2.1 滚动轴承的结构	152
9.2.2 滚动轴承的特性和类型	153
9.2.3 滚动轴承的代号	155
9.3 滚动轴承的寿命计算和尺寸选择	157
9.3.1 滚动轴承的载荷分析	157
9.3.2 滚动轴承的失效形式及 设计准则	158
9.3.3 基本额定寿命和基本额 定动载荷	158
9.3.4 滚动轴承的寿命计算	160
9.3.5 角接触轴承的轴向载荷 计算	161
9.3.6 滚动轴承的静强度计算	163
9.4 滚动轴承的组合设计	164
9.4.1 轴系的轴向固定	164
9.4.2 轴承组合的调整	165
9.4.3 滚动轴承的配合	166
9.4.4 滚动轴承的装拆	167
9.4.5 滚动轴承的润滑和密封	167
9.5 滑动轴承的类型及结构	169
9.5.1 滑动轴承的类型与摩擦 状态	169
9.5.2 滑动轴承的结构	170
9.5.3 轴瓦的结构及材料	171
9.5.4 滑动轴承的润滑	173
9.6 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	174
9.6.1 向心滑动轴承的计算	175
9.6.2 推力滑动轴承的计算	176
习题	176

第 10 章 轴.....	178	11.2.1 嵌合式离合器.....	193
10.1 概述.....	178	11.2.2 摩擦式离合器.....	194
10.1.1 轴的类型.....	178	11.2.3 超越离合器.....	195
10.1.2 轴的材料.....	179	11.3 制动器.....	196
10.2 轴的结构设计.....	180	11.3.1 带式制动器.....	196
10.2.1 轴的组成.....	180	11.3.2 块式制动器.....	197
10.2.2 零件在轴上的固定方法.....	181	11.3.3 盘式制动器.....	197
10.2.3 轴的结构工艺性.....	182	习题.....	198
10.2.4 减小应力集中、提高轴的 疲劳强度.....	183	第 12 章 传动零件的设计计算.....	199
10.2.5 轴的结构尺寸.....	183	12.1 轴径的初算.....	199
10.3 轴的强度计算.....	184	12.2 联轴器的选择.....	199
10.3.1 按扭转强度条件计算.....	184	12.3 减速器箱体外部传动零件的 设计.....	200
10.3.2 按弯扭合成强度条件计算.....	185	12.3.1 带传动.....	200
10.4 轴的刚度计算.....	186	12.3.2 链传动.....	201
习题.....	187	12.3.3 开式齿轮传动.....	201
第 11 章 联轴器、离合器和制动器.....	188	12.4 减速器箱体内部传动零件的设计.....	202
11.1 联轴器.....	188	12.4.1 圆柱齿轮传动.....	202
11.1.1 刚性联轴器.....	189	12.4.2 圆锥齿轮传动.....	203
11.1.2 挠性联轴器.....	190	12.4.3 蜗杆传动.....	203
11.2 离合器.....	193	习题.....	204
第 3 篇 连接、支撑零部件资料及设计			
第 13 章 螺纹连接.....	205	13.3.1 普通螺栓连接的强度 计算.....	210
13.1 螺纹连接的基本知识.....	205	13.3.2 螺纹连接的结构设计要点... ..	214
13.1.1 螺纹的形成.....	205	13.3.3 利用 ANSYS 进行螺栓的 强度校核.....	215
13.1.2 螺纹的类型和应用.....	205	习题.....	217
13.1.3 螺纹的主要参数.....	206	第 14 章 键连接和销连接.....	219
13.1.4 螺纹连接的主要类型和 应用.....	207	14.1 键连接.....	219
13.2 螺纹连接的预紧和防松.....	208	14.1.1 键连接的类型与特点.....	219
13.2.1 螺纹连接的预紧.....	208	14.1.2 平键连接的尺寸选择和 强度验算.....	221
13.2.2 螺纹连接的防松.....	209	14.1.3 花键连接.....	223
13.3 螺栓连接的强度计算和结构 设计.....	210		



14.1.4 利用 ANSYS 进行平键的 有限元分析	224
--------------------------------------	-----

14.2 销连接	226
习题	228

第 4 篇 减速器的课程设计

第 15 章 传动装置的总体设计

229

15.1 减速器简介

229

15.1.1 减速器的类型、特点及 应用	229
-------------------------------	-----

15.1.2 减速器的典型结构

230

15.2 传动装置的布置

232

15.3 电动机的选择

233

15.3.1 电动机类型和结构形式

233

15.3.2 电动机功率的确定

233

15.3.3 电动机转速的确定

235

15.3.4 总传动比的计算和各级 传动比的分配	235
-----------------------------------	-----

15.3.5 计算传动装置的运动和 动力参数	237
---------------------------------	-----

第 16 章 减速器的结构与附件

241

16.1 减速器的构造

241

16.2 轴系部件

241

16.3 箱体

242

16.4 减速器附件

242

16.4.1 视孔和视孔盖

242

16.4.2 通气器

243

16.4.3 油面指示器

244

16.4.4 放油孔和螺塞

246

16.4.5 启盖螺钉

247

16.4.6 定位销

247

16.4.7 起吊装置

248

16.4.8 挡油盘

249

16.4.9 轴承盖

249

第 17 章 圆柱齿轮减速器轴系部件 设计

251

17.1 确定齿轮及箱体轴承座的位置

251

17.1.1 确定齿轮的位置

251

17.1.2 确定箱体与轴承座位置

253

17.2 轴承类型选择及其在箱体座孔中 位置的确定	253
------------------------------------	-----

17.2.1 轴承类型选择

253

17.2.2 确定轴承在箱体座孔中的 轴向位置	253
----------------------------------	-----

17.3 轴的结构设计

254

17.3.1 确定轴的径向尺寸

254

17.3.2 确定轴的轴向尺寸

256

17.3.3 确定轴上键槽位置和尺寸

258

17.4 轴、轴承、键的校核计算

258

17.5 轴承组合设计

259

17.5.1 轴系部件的轴向固定

260

17.5.2 轴承的润滑与密封

260

17.6 齿轮结构设计

263

第 18 章 圆柱齿轮减速器箱体及附件 设计

265

18.1 箱体结构设计

265

18.1.1 箱体的刚度

265

18.1.2 箱体的密封

268

18.1.3 箱体结构的工艺性

268

18.2 附件的结构选择与设计

270

18.2.1 视孔和视孔盖

270

18.2.2 通气器

271

18.2.3 油标

272

18.2.4 放油孔和螺塞

273

18.2.5 启盖螺钉

274

18.2.6 定位销

274

第 19 章 圆锥齿轮减速器装配工作 图设计

276

19.1 轴系部件设计

276

19.1.1 确定传动零件、箱体内壁 及轴承座位置.....	276	21.2 齿轮类零件工作图的设计与绘制 ...	291
19.1.2 轴的结构设计和轴承类型 的选择.....	278	21.2.1 视图的选择	291
19.1.3 确定力作用点及校核轴、 键、轴承.....	278	21.2.2 尺寸的标注	291
19.1.4 小圆锥齿轮轴系部件的 轴承组合设计.....	278	21.2.3 啮合特性表	292
19.2 箱体及附件设计.....	281	21.2.4 主要技术要求	292
第 20 章 圆柱蜗杆减速器装配 工作图设计.....	282	21.3 箱体类零件图的设计及绘制	292
20.1 轴系部件设计.....	282	21.3.1 视图的选择	292
20.1.1 确定传动零件、箱体内壁 及轴承座位置.....	282	21.3.2 尺寸标注	292
20.1.2 轴的结构设计和轴承类型 的选择.....	283	21.3.3 形位公差和表面粗糙度	292
20.1.3 确定力的作用点及校核轴、 键、轴承.....	284	21.3.4 编写技术要求	293
20.1.4 蜗杆轴系部件的轴承组合 设计.....	284	第 22 章 编制设计计算说明书与 准备答辩.....	294
20.1.5 蜗杆减速器的散热.....	286	22.1 设计计算说明书的要求	294
20.2 箱体及附件设计.....	287	22.2 设计计算说明书的主要内容	295
第 21 章 零件图的设计与绘制.....	289	22.3 准备答辩	296
21.1 轴类零件图的设计及绘制.....	289	第 23 章 现代机械设计实例—— 减速器.....	298
21.1.1 视图的选择.....	289	23.1 减速器零部件建模设计	298
21.1.2 标注尺寸.....	289	23.1.1 箱体造型设计	298
21.1.3 标注尺寸的极限偏差和 形位公差.....	290	23.1.2 主动轴造型设计	305
21.1.4 标注表面粗糙度.....	290	23.1.3 从动轴齿轮造型设计	307
21.1.5 编写技术要求.....	291	23.2 减速器虚拟装配设计	309
		23.3 减速器关键零部件力学性能分析 与结构优化	312
		23.3.1 箱体的力学分析	312
		23.3.2 从动轴的力学分析	314
		23.4 减速器运动仿真	317
		参考文献.....	319

绪 论

本章要点

机械的组成, 机器与机构、构件与零件、通用零部件与专用零部件的概念, 本课程研究的内容和任务及机械设计的基本要求和一般步骤。

本章难点

深刻认识本课程在实际生产中的地位, 掌握正确的学习方法。

机械设计基础是一门重要的技术基础课, 是研究机械类产品的设计、开发、改造, 以满足经济发展和社会需求的基础知识课程。机械设计工作涉及工程技术的各个领域。一台新的设备在设计阶段, 不但要根据设计要求确定先进、合理的结构和工作原理, 进行运动、动力、强度、刚度分析, 完成图样设计, 而且要研究在制造, 销售, 使用以及售后服务等方面的问题。设计人员除必须具有机械设计及与机械设计相关的深厚的基础知识和专业知识外, 还要有饱满的创造热情。

0.1 机械的组成

机械是工程中对机器与机构的统称。

0.1.1 机器与机构

在人们的生产和生活中广泛使用着各种机器, 如人们熟悉的汽车、火车、轮船、飞机、发电机和各种机床等。图 0-1 所示为单缸内燃机, 它由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8 等组成。内燃机以燃料燃烧的化学能为动力, 通过燃气在气缸内的进气、压缩、爆燃、排气过程, 将燃料的化学能转换为曲轴转动的机械能。

尽管机器种类繁多、形式多样、用途各异, 但都具有以下共同的特征。

- (1) 都是一种人为的实物组合。
- (2) 各部分形成运动单元, 各单元之间具有确定的相对运动。
- (3) 能实现能量的转换或完成有用的机械功。

凡具备上述 3 个特征的实物组合称为机器, 仅具备前两个特征的实物称为机构。

另外, 用功能分析的观点看机器, 还可以认为机器是由以下三部分组成。

(1) 动力源。它是机械的动力来源, 是将其他形式的能量转换为机械能, 以驱动相应零件运动和做功。

(2) 工作部分。它是直接完成生产任务的部分。

(3) 传动部分。它是将动力源的运动和动力传给工作部分的中间环节, 可以在传递运动的过程中改变运动速度的大小和方向、转换运动形式等, 以满足工作部分的需要。

0.1.2 机构、部件、构件与零件

从运动的角度看, 机器是由若干个运动的单元所组成, 这种运动单元称为构件。构件可以是一个零件, 也可以是若干个零件的刚性组合体, 如图 0-2 所示的内燃机连杆, 是由连杆体 1、螺栓 2 和 4、螺母 3、连杆盖 5、轴瓦 6 组成的。构件与构件直接接触所形成的可动连接称为运动副。用运动副将若干个构件连接起来以传递运动和力的系统称为机构, 其中有一个相对静止的构件是机架。常用机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。

从制造的角度看, 机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器中不可拆卸的制造单元。可以将零件按其是否具有通用性分为两大类: 一类是通用零件; 另一类是专用零件。有时为了装配方便, 先将一组组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合体, 然后再装配成整机, 这种组合体常称为部件(或组件), 如车床的主轴箱、尾座、滚动轴承等。按零部件的主要功用可以将它们分为连接与紧固件、传动件、支承件等。在机器中, 零件都不是孤立存在的, 它们是通过连接、传动、支承等形式按一定的原理和结构联系在一起的, 这样才能发挥出机器的整体功能。

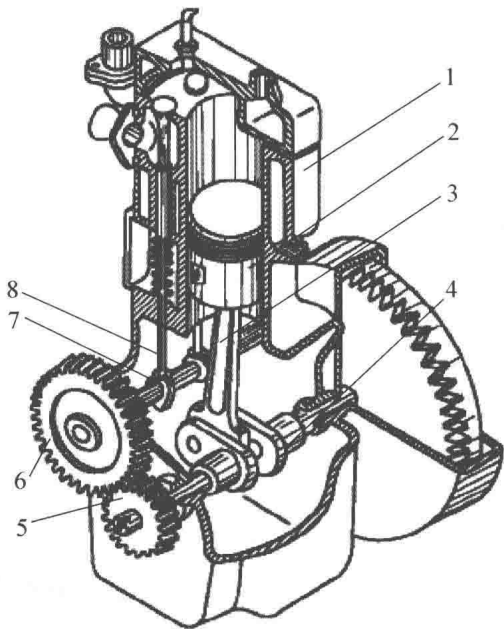


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸体; 2—活塞; 3—连杆; 4—曲轴;
5, 6—齿轮; 7—凸轮; 8—顶杆

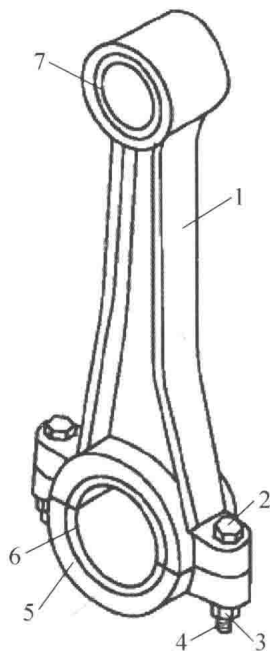


图 0-2 内燃机连杆

1—连杆体; 2, 4—螺栓; 3—螺母;
5—连杆盖; 6—大头轴瓦; 7—小头轴瓦

0.2 本课程的研究内容和任务

0.2.1 本课程研究的主要内容

本课程作为机械设计的基础, 是一门综合性较强的课程, 主要介绍机械中常用机构的

工作原理、运动特性,通用机械零件的设计和计算方法以及有关标准和规范。

本课程研究的内容大体可分为以下几部分。

- (1) 机构的运动简图和自由度计算。
- (2) 平面连杆机构、凸轮机构等常用机构的组成原理、运动分析及轮廓设计。
- (3) 齿轮传动、蜗杆传动、带传动等各种传动零件的设计计算和参数选择。
- (4) 螺纹连接、键销连接等各种连接零件的设计计算方法和标准选择。
- (5) 轴承、轴等轴系零部件的设计计算及参数类型选择。
- (6) 轮系传动计算与减速器的设计。

0.2.2 本课程的主要任务

(1) 培养学生运用基础理论解决简单机构和零件的设计问题,掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用及计算方法,初步具有分析失效原因和提高改进措施的能力。

(2) 培养学生树立正确的设计思想,具有设计简单机械传动部件和简单机械的能力。

(3) 学会运用手册、标准、规范等设计资料。

本课程的性质与过去所学的基础课程不同,思路上有其明显特点,学生往往不能很快适应而影响学习效果。因此,在学习中学生要尽快掌握本课程特点和分析解决问题的方法,为今后的学习和工作打下基础。

0.3 机械设计的基本要求和一般步骤

机械设计是机械产品研制的第一步,机械设计就是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、动力和能量的传递方式,各个零件的材料、尺寸和形状以及使用维护等方面进行构思、分析和决策的创造性过程。设计得好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益。

0.3.1 机械设计的基本要求

机械设计是机械产品开发研制的一个重要环节,一部机器的质量基本上决定于设计质量,而机械的制造过程实质上就是实现设计所规定的性能和质量的过程。

机械设计的任务是在当前技术发展所能达到的条件下,根据生产及生活的需要提出的。必须从机械的整体出发,一般对其提出以下基本要求。

(1) 功能性要求。设计的机械应在规定条件下、规定的寿命期限内,有效地实现预期的全部职能。

(2) 经济性要求。在市场经济环境下,经济性要求贯穿于机械设计全过程,应当合理选用原材料,确定适当的精度要求,减少设计和制造的周期。

(3) 结构工艺性要求。这是指在一定的生产条件下,采用合理的结构,以便于制造、装配和维护,并尽可能采用标准零部件。

(4) 安全性要求。要树立安全第一的思想,避免设备过载,确保设备安全;设置完善可靠的防护装置,确保人身安全;还要有利于环境保护。

(5) 其他方面的要求。如可靠性等要求。



0.3.2 机械零件的设计准则

机械零件由于某种原因丧失正常工作能力称为失效。对于通用的机械零件,其强度、刚度、磨损失效是主要失效形式,对于高速传动的零件还应考虑振动问题。根据零件产生失效的形式及原因制定设计准则,并以此作为防止失效和进行设计计算的依据。

(1) 强度设计准则。要求零件在工作时不产生强度失效,强度准则取为零件中的危险截面处,应力不超过许用应力。用公式表示为

$$\sigma \leq \sigma_{\text{lim}} \quad (0-1)$$

考虑到各种偶然性和难以分析的影响,式(0-1)右边要除以设计安全系数 S , 即

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (0-2)$$

(2) 刚度准则。刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。刚度计算准则或刚度要求为零件的弹性变形小于或等于允许值。此允许值根据变形对零件工作性能的影响由分析或试验方法决定(如轴弯曲变形量影响轴上齿轮的啮合情况等)。

(3) 耐磨性准则。耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如,齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限度后,轮齿齿形有较大的改变,使齿轮转速均匀性受到影响,产生噪声和振动,严重时因齿根厚度变薄而导致轮齿折断。因此,在磨损严重的条件下,以限制与磨损有关的参数作为磨损计算的准则。

(4) 振动稳定性准则。如果某一个零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 相同或为其整数倍关系时,则这些零件就会产生共振,以致使零件破坏或机器工作情况失常等。根据实践经验, f_p 与 f 接近一定范围以内时,即可发生共振。因此,振动稳定性准则要求激振源的频率在该范围之外,一般要求 $f_p < 0.85f$, $f_p > 1.15f$ (更高阶的共振也应避免)。

(5) 可靠性准则。可靠性表示系统、机器或零件等在规定时间内稳定工作的程度或性质。可靠性常用可靠度 R 来表示,可靠度是指系统、机器或零件等在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下,能正常地实现其功能的概率。例如,有一批某种被试零件,共有 N_T 件,在一定条件下进行试验,在预定时间 t 内,有 N_f 个零件失效,剩下 N_s 个零件仍能继续工作,则

$$R = \frac{N_s}{N_T} = \frac{N_T - N_f}{N_T} = 1 - \frac{N_f}{N_T} \quad (0-3)$$

一个由多个零件组成的串联系统,任意一个零件失效都会使整个机器失效,如 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 为各零件的可靠度,则整个系统的可靠度为

$$R = R_1 R_2 \cdots R_n \quad (0-4)$$

有些系统、机器或零件要求以可靠度作为计算准则。

0.3.3 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计计算方法有很多种,如理论设计法(简化成物理、力学模型)、经验设计法(经验公式、类比法)、模型实验法、计算机辅助设计法(CAD)等。机械零件的设计大体要经过以下几个步骤。

- (1) 根据零件的使用要求(功率、转速等),选择零件的类型及结构形式。
- (2) 根据机器的工作条件,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件(包括对零件的特殊要求,如耐高温、耐腐蚀等),综合考虑材料的性能、供应情况和经济性等因素,合理选择零件的材料。
- (4) 分析零件的主要失效形式,按照相应的设计准则,确定零件的基本尺寸。
- (5) 根据工艺性及标准化的要求,设计零件的结构及其尺寸。
- (6) 绘制零件工作图,拟定技术要求。

0.4 课程设计的基本要求和内容

0.4.1 课程设计的目的

机械设计基础是培养学生机械设计能力的技术基础课。课程设计是高等工科院校大多数专业学生第一次较为全面的设计训练,是机械基础课程的最后一个重要的教学环节。因此,在教学过程中,除了系统地讲授必要的设计与计算理论、进行作业及试验外,还应安排较为全面的设计技能训练,即课程设计。其主要目的如下。

- (1) 通过课程设计使学生综合运用机械设计基础课程及有关先修课程的知识,起到巩固、深化、融会贯通及扩展有关机械设计方面知识的作用,树立正确的设计思想。
- (2) 通过课程设计的实践,培养学生分析和解决工程实际问题的能力,使学生掌握机械零件、机械传动装置或简单机械的一般设计方法和步骤。
- (3) 通过课程设计,学习运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料等,培养学生机械设计的基本技能。

0.4.2 课程设计的内容及任务

1. 课程设计的内容

课程设计通常选择一般用途的机械传动装置或简单机械作为设计课题(较为常见的题目是以齿轮减速器为主的机械传动装置设计)。设计的主要内容包括以下几个方面。

- (1) 拟定、分析传动装置的设计方案。
- (2) 选择电动机、计算传动装置的运动和动力参数。
- (3) 传动件的设计计算,包括带传动、齿轮传动、蜗轮蜗杆传动等。
- (4) 绘制减速器装配图。
- (5) 校核轴、轴承、联轴器、键的强度。
- (6) 绘制零件工作图。
- (7) 编写设计计算说明书。

2. 课程设计的任务

课程设计通常要求学生在3周(或4周)时间内完成以下任务。

- (1) 绘制减速器装配图(用0号图纸绘制草图及正式装配图各一张)。
- (2) 绘制零件工作图若干张(传动零件、轴、机体等)。



(3) 设计计算说明书一份, 约 8000 字。

0.4.3 课程设计的一般步骤

课程设计大体按下列顺序进行: 设计准备工作→传动方案设计→传动零件设计计算→装配草图的绘制(校核轴、轴承、键等)→装配图的绘制→零件工作图的绘制→编写设计计算说明书→答辩。每一设计步骤所包括的具体设计内容如表 0-1 所列。

表 0-1 课程设计的步骤及其说明

步 骤	主要内容	学时比例/%
1.设计准备工作	(1) 熟悉任务书, 明确设计的内容和要求; (2) 熟悉设计指导书、有关资料、图纸等; (3) 观看录像、实物、模型, 进行减速器拆装试验, 了解减速器的结构特点及其制造过程	5
2.传动方案设计	(1) 确定传动类型; (2) 选择电动机; (3) 计算传动装置的总传动比; (4) 计算各轴的转速、功率和扭矩	5
3.传动零件设计计算	(1) 计算齿轮传动(或蜗杆传动)、带传动、链传动的主要参数和几何尺寸; (2) 计算各传动零件上的作用力	5
4.装配草图的绘制	(1) 确定减速器的结构方案; (2) 绘制装配草图, 进行轴、轴上零件和轴承组合结构设计; (3) 校核轴的强度、滚动轴承的寿命、键的连接强度、联轴器的强度; (4) 绘制减速器箱体结构; (5) 绘制减速器附件	40
5.装配图的绘制	(1) 画底线图, 画剖面线; (2) 选择配合, 标注尺寸; (3) 编写零件序号, 列出明细栏; (4) 加深线条, 整理图面; (5) 书写技术条件、减速器特性等	25
6.零件工作图的绘制	(1) 绘制齿轮类零件工作图; (2) 绘制轴类零件工作图; (3) 绘制其他零件工作图	8
7.编写设计计算说明书	(1) 编写设计计算说明书, 内容包括所有的计算, 并附有必要的简图; (2) 说明书中最后一段内容应写出设计总结, 总结设计课题的完成情况, 设计收获、设计体会或设计中存在的不足	10
8.答辩	(1) 做答辩准备; (2) 参加答辩	2