



高职高专“十五”规划教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

刘俊尧 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械设计基础

刘俊尧 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》以及高等职业教育对教学改革的要求,并结合编者多年从事教学实践和生产实践的经验编写而成。

本书将理论力学、材料力学、机械原理及机械零件四个部分的内容进行整合,加大了课程建设与改革的力度,适应了学生专业能力的培养的需要。全书内容共分16章:机械设计基础概论、工程力学基础、平面机构的自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、连接、带传动、链传动、齿轮传动、圆锥齿轮传动和蜗杆蜗轮传动、齿轮系、轴、滚动轴承、滑动轴承概述、实践项目等内容。书中配有一定数量的理论练习题和实践练习题,以帮助学生掌握相关的知识和提高机械设计的能力。

本书可作为高等职业院校机械类、机电类和近机类专业的教学用书,也可供从事机械设计、制造和维修等工作的有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/刘俊尧主编. —北京:化学工业出版社, 2008.6

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-03018-4

I. 机… II. 刘… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第080048号

责任编辑:高钰

文字编辑:张绪瑞

责任校对:凌亚男

装帧设计:高峰

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张20 $\frac{3}{4}$ 字数539千字 2008年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00元

版权所有 违者必究

前言

随着我国国民经济的高速发展和制造业对高技能人才需求的大幅增加,高等职业教育既面临着极好的发展机遇,同时也面临着严峻的挑战。高等职业教育要适应新发展,必须创建一批国家示范性高等职业院校,必须建设一批重点专业和培养一批专业学科带头人,必须编写一批有特色的专业基础课和专业课教材。

《机械设计基础》是机械类、机电类和近机类专业的一门专业基础课,具有较强的综合性和实践性。本课程的教学目标是培养学生掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,培养学生具有通用零件和一般机械的设计能力。

本书根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》以及高等职业技术教育对教学改革的要求,并结合编者多年从事教学实践和生产实践的经验编写而成。本书主要具有以下特点。

1. 进行教材整合,突出教材的实用性

以“前修为后续所用”的原则进行教材整合。本书对理论力学、材料力学、机械原理和机械零件四本书整合为《机械设计基础》,保留前修课程理论力学的静力学部分、材料力学的四种基本变形和四种强度理论。这样,既能够满足后续课程机械原理和机械零件所需要的理论支撑,又能突出教材的实用性。

2. 降低理论的难度,拓展知识的宽度

以“理论要简,知识要宽”为原则降低理论的难度。本书简化或省略烦琐的理论论证与理论推导,侧重于概念的叙述和结论的应用;降低学生的学习难度,提高学生的学习效率和高等职业教育的实用性。同时对于实用性较强而无理论论述的内容要充实,使教材的基本知识要宽泛。

3. 增补实训内容,突出教材的实践性

以强化“机械设计能力”为原则增补实训内容。改革人才培养模式,大力推行工学结合,突出实践能力的培养。本书增加了六个实训项目和四个课程设计项目,使机械设计的实训真正体现了设计零件和设计机械。这六个设计实训项目是:搅拌机(或其他机构)运动简图的设计、盘形凸轮的设计与加工、带传动的设计、标准直齿圆柱齿轮的设计与加工、斜齿圆柱齿轮的设计与加工、阶梯轴的设计与加工。

4. 细化练习题,强化工学结合

以“提高学生基本技能”为原则、以“强化工学结合”为手段细化思考练习题,增加实践练习题。即将思考练习题细化为理论练习题和实践练习题,实践练习题包括实验题和实训题。工学结合的教学模式就是融“教、学、做”为一体,强化学生能力培养的模式。模拟企业设计—加工—修改设计的模式进行教学,对学生设计的零件增加车间机加工的教学环节。全面强化工学结合,提高学生机械设计的能力。

本书推荐学时为100~120学时,教师在进行教学时可根据实际情况选择和调整相应的教学内容。第一学期推荐授课为60学时(第1~9章及部分实验、实训内容),第二学期推荐授课为50学时(第10~15章及部分实验、实训内容)和两周的课程设计。

本书由鹤壁职业技术学院刘俊尧教授担任主编,王德俊副教授担任副主编,张新峰、刘勇军、高改会参编。刘俊尧编写第1、10、11章,王德俊编写第2~4章,张新峰编写第6、

8、14 章，刘勇军编写第 5、7、12、13 章，高改会编写第 9、15、16 章。

本书由鹤壁职业技术学院王仕华副教授担任主审，王仕华副教授对书稿进行了认真、细致的审阅，并提出了宝贵的意见和建议。在此表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请各位教师 and 广大读者提出宝贵意见。

编者

2008 年 5 月

目 录

第1章 机械设计基础概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 机器、机构和机械	1
1.1.2 机械设计	2
1.2 机械设计的基本要求	2
1.2.1 设计机器的基本要求	2
1.2.2 设计机械零件的基本要求	3
1.3 机械设计的类型和一般方法	3
1.3.1 机械设计的类型	3
1.3.2 机械设计的一般方法	3
1.4 机械设计的一般过程	4
1.4.1 机械设计的一般过程	4
1.4.2 机械零件设计的一般过程	5
1.5 机械零件的材料选用	5
1.5.1 零件的使用要求	5
1.5.2 零件的工艺性要求	6
1.5.3 经济性要求	6
1.6 机械零件的失效形式及设计计算准则	6
1.6.1 失效形式	6
1.6.2 设计计算准则	7
1.7 机械零件设计的“三化”	8
1.8 课程性质和学习任务	8
1.8.1 课程性质和研究对象	8
1.8.2 学习任务和学习方法	8
练习题	9
第2章 工程力学基础	10
2.1 静力学基础	10
2.1.1 力的性质和基本计算	10
2.1.2 力系的简化	13
2.1.3 平面力系的静力学分析	15
2.1.4 力系的平衡	19
2.1.5 考虑摩擦时平衡方程的应用	23
2.1.6 空间力系简介	25
2.2 基本变形构件的强度	28
2.2.1 内力与内力图	28
2.2.2 应力和许用应力	34
2.2.3 构件的应力和强度	38
2.3 应力状态和强度理论	45
2.3.1 点的应力状态的概念及表示方法	45
2.3.2 强度理论	47
2.3.3 组合变形构件的强度	48
2.4 动载荷和交变应力	52
2.4.1 动载荷的概念	52
2.4.2 交变应力与疲劳失效	52
理论练习题	54
实践练习题	59
第3章 平面机构的自由度	62
3.1 机构的组成	62
3.1.1 构件和零件	62
3.1.2 运动副及其分类	63
3.1.3 运动链和机构	64
3.2 平面机构的运动简图	64
3.2.1 平面机构运动简图	64
3.2.2 运动副和构件的表示方法	64
3.2.3 平面机构运动简图的绘制	66
3.3 平面机构的自由度	67
3.3.1 自由度	67
3.3.2 机构具有确定运动的条件	69
3.3.3 计算平面机构自由度应注意的特殊情况	70
练习题	73
第4章 平面连杆机构	75
4.1 铰链四杆机构的基本形式	75
4.1.1 铰链四杆机构的组成	75
4.1.2 铰链四杆机构的基本形式	76
4.2 四杆机构的演化形式	77
4.2.1 曲柄滑块机构	77
4.2.2 偏心轮机构	79

4.3 平面四杆机构的运动特性	80	4.5.1 概述	85
4.3.1 曲柄存在的条件	80	4.5.2 按给定的行程速度变化系数设计	86
4.3.2 急回运动	81	4.5.3 按给定的连杆位置设计	88
4.4 平面四杆机构的传力特性	83	理论练习题	89
4.4.1 压力角和传动角	83	实践练习题	90
4.4.2 死点位置	84		
4.5 平面四杆机构的运动设计	85		
第5章 凸轮机构	91		
5.1 概述	91	5.3.3 压力角的影响因素	99
5.1.1 凸轮机构的应用和特点	91	5.4 凸轮轮廓曲线的设计	100
5.1.2 凸轮机构的类型	92	5.4.1 设计凸轮轮廓曲线的基本原理	100
5.2 凸轮机构的运动特性	93	5.4.2 对心直动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	101
5.2.1 凸轮机构的运动分析	93	5.4.3 偏置直动从动件盘形凸轮轮廓曲线的设计	103
5.2.2 从动件常用的运动规律	95	理论练习题	104
5.2.3 从动件运动规律的选择	97	实践练习题	105
5.3 凸轮机构的传力特性	97		
5.3.1 压力角	98		
5.3.2 自锁现象	98		
第6章 间歇运动机构	106		
6.1 棘轮机构	106	6.2.3 特点与应用	110
6.1.1 棘轮机构的类型	106	6.2.4 槽轮机构的运动特性系数	111
6.1.2 组成和工作原理	107	6.2.5 槽轮机构的主要参数和几何尺寸	111
6.1.3 应用实例	107	6.3 不完全齿轮机构	112
6.1.4 棘轮与棘爪的位置关系	108	6.3.1 组成和类型	112
6.1.5 主要参数	109	6.3.2 工作原理	112
6.2 槽轮机构	109	6.3.3 特点和应用	112
6.2.1 组成和工作原理	109	练习题	113
6.2.2 槽轮机构的类型	110		
第7章 连接	114		
7.1 螺纹	115	7.3.1 概述	125
7.1.1 螺纹的形成	115	7.3.2 键连接的类型	125
7.1.2 螺纹的加工	115	7.3.3 平键连接的选择和计算	127
7.1.3 螺纹的基本要素	116	7.4 销连接	128
7.1.4 螺纹副	118	7.4.1 销连接的类型	128
7.1.5 螺纹的类型	118	7.4.2 销连接的选择和计算	129
7.2 螺纹连接	119	7.5 联轴器和离合器	130
7.2.1 螺纹连接的基本类型	119	7.5.1 联轴器	130
7.2.2 螺纹连接件	120	7.5.2 离合器	134
7.2.3 螺纹连接的预紧和防松	123	练习题	135
7.3 键连接	125		
第8章 带传动	137		
8.1 概述	137	8.1.2 带传动的特点	138
8.1.1 带传动的类型	137	8.2 V带传动的基本参数和几何	

尺寸	138	8.4.3 运动分析	147
8.2.1 V带传动的基本参数	138	8.4.4 设计准则	148
8.2.2 几何尺寸	139	8.4.5 单根V带的功率	148
8.3 V带和V带轮	140	8.5 普通V带的设计计算	151
8.3.1 V带的结构和尺寸	140	8.5.1 设计计算的内容	151
8.3.2 V带轮的结构	142	8.5.2 设计步骤及参数选择	152
8.3.3 带传动的张紧	142	8.5.3 计算实例	155
8.4 带传动的工作能力分析	144	理论练习题	156
8.4.1 带传动的受力分析	144	实践练习题	157
8.4.2 带传动的应力分析	146		
第9章 链传动	158		
9.1 概述	158	9.4.3 设计计算准则	163
9.2 滚子链和链轮	159	9.4.4 链传动主要参数的选择	165
9.2.1 滚子链的结构	159	9.4.5 链传动的设计计算	166
9.2.2 滚子链的标准	160	9.5 链传动的布置、张紧及润滑	166
9.2.3 链轮	160	9.5.1 链传动的布置	166
9.3 链传动的运动特性	162	9.5.2 链传动的张紧	166
9.4 滚子链传动的设计计算	163	9.5.3 链传动的润滑	166
9.4.1 链传动的失效形式	163	理论练习题	168
9.4.2 额定功率曲线	163	实践练习题	169
第10章 齿轮传动	170		
10.1 概述	170	10.6.1 成形法	183
10.1.1 齿轮传动的特点和应用	170	10.6.2 范成法	183
10.1.2 齿轮传动的类型	170	10.6.3 根切现象	184
10.2 齿廓啮合基本定律	172	10.7 齿轮传动的设计准则	186
10.2.1 传动比	172	10.7.1 工作能力及失效	186
10.2.2 齿廓啮合基本定律	172	10.7.2 齿轮传动的失效形式	186
10.3 渐开线及渐开线齿廓	173	10.7.3 齿轮传动的设计计算准则	188
10.3.1 渐开线的形成及其性质	173	10.8 齿轮的常用材料	188
10.3.2 渐开线方程	174	10.8.1 齿轮材料的基本要求	188
10.3.3 渐开线齿廓的啮合特点	175	10.8.2 常用材料及其热处理	189
10.4 标准直齿圆柱齿轮的基本参数和		10.8.3 齿轮的许用应力	189
几何尺寸	177	10.9 直齿圆柱齿轮传动	192
10.4.1 齿轮各部分的名称	177	10.9.1 轮齿的受力分析	192
10.4.2 直齿圆柱齿轮的基本参数	177	10.9.2 轮齿的计算载荷	193
10.4.3 标准齿轮	179	10.9.3 齿轮传动的强度计算	194
10.4.4 齿条	179	10.10 斜齿圆柱齿轮传动	196
10.5 标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	180	10.10.1 斜齿圆柱齿轮齿廓曲面的	
10.5.1 正确啮合条件	180	形成	196
10.5.2 连续传动条件	180	10.10.2 斜齿圆柱齿轮传动的基本	
10.5.3 正确安装条件	181	参数	197
10.6 渐开线直齿圆柱齿轮的加工		10.10.3 斜齿轮的几何尺寸计算	198
方法	183	10.10.4 斜齿轮的啮合传动	198

10.10.5 斜齿圆柱齿轮的当量齿数和 不发生根切的最少齿数	200	10.11.1 齿轮结构	202
10.10.6 斜齿圆柱齿轮的受力 分析	200	10.11.2 齿轮传动的润滑	203
10.10.7 斜齿圆柱齿轮传动的强度 计算	201	10.12 标准齿轮传动的设计计算	204
10.11 齿轮的结构和齿轮传动的 润滑	202	10.12.1 主要参数的选择	204
第 11 章 圆锥齿轮传动和蜗杆蜗轮传动	213	10.12.2 齿轮精度等级的选择	205
11.1 圆锥齿轮传动	213	10.12.3 设计计算的步骤	206
11.1.1 概述	213	理论练习题	210
11.1.2 圆锥齿轮基本参数和尺寸 计算	214	实践练习题	212
11.1.3 背锥和当量齿轮	215	11.2.3 蜗杆蜗轮传动的基本参数	219
11.1.4 直齿圆锥齿轮的啮合传动	216	11.2.4 蜗杆蜗轮传动的几何尺寸 计算	222
11.1.5 直齿圆锥齿轮的受力分析	217	11.2.5 蜗杆蜗轮的啮合传动	222
11.1.6 圆锥齿轮结构	217	11.2.6 蜗杆蜗轮的材料和结构	223
11.2 蜗杆蜗轮传动	218	11.2.7 蜗杆蜗轮传动的效率、润滑 和散热	224
11.2.1 蜗杆蜗轮传动的特点和 应用	218	11.2.8 蜗杆蜗轮传动的热平衡 计算	225
11.2.2 蜗杆蜗轮传动的类型	219	11.2.9 蜗杆蜗轮传动的受力分析	226
第 12 章 齿轮系	229	理论练习题	228
12.1 概述	229	实践练习题	228
12.1.1 齿轮系及其应用	229	12.3.1 周转轮系的组成及分类	233
12.1.2 齿轮系的类型	229	12.3.2 平面周转轮系	233
12.2 定轴轮系及其传动比	230	12.3.3 空间周转轮系	235
12.2.1 平面定轴轮系	230	12.4 混合轮系及其传动比	235
12.2.2 空间定轴轮系	232	12.5 轮系的功用	237
12.3 周转轮系及其传动比	233	练习题	238
第 13 章 轴	241	13.3.1 分析的内容及步骤	248
13.1 概述	241	13.3.2 实例分析	249
13.1.1 轴的类型	241	13.4 轴的强度计算	250
13.1.2 轴的材料	242	13.4.1 按扭转强度条件计算	250
13.1.3 轴的结构组成	243	13.4.2 按弯扭合成强度条件计算	251
13.2 轴的结构设计	244	13.5 轴的设计方法与设计实例	252
13.2.1 轴的强度和刚度	244	13.5.1 轴的设计方法	252
13.2.2 拟定轴上零件的装配方案	245	13.5.2 轴的设计计算实例	253
13.2.3 零件在轴上的固定方法	245	理论练习题	255
13.2.4 轴上各个轴段的尺寸确定	247	实践练习题	256
13.2.5 轴的结构工艺性	248	14.1.1 滚动轴承的结构	257
13.3 轴的结构分析	248		
第 14 章 滚动轴承	257		
14.1 滚动轴承的结构和类型	257		

14.1.2 滚动轴承的参数	258	14.3.6 滚动轴承的静强度计算	271
14.1.3 滚动轴承的分类	259	14.4 滚动轴承的选择	272
14.1.4 滚动轴承的主要类型及特性	260	14.4.1 类型的选择	272
14.2 滚动轴承的代号	261	14.4.2 公差等级的选择	273
14.2.1 基本代号	261	14.4.3 尺寸选择	273
14.2.2 前置代号和后置代号	263	14.5 滚动轴承的组合设计	273
14.3 滚动轴承的计算	263	14.5.1 轴承的固定	273
14.3.1 滚动轴承的受力分析	263	14.5.2 轴系的轴向固定	274
14.3.2 滚动轴承的失效形式	264	14.5.3 轴承组合的调整	275
14.3.3 滚动轴承的计算准则	264	14.5.4 配合与装拆	276
14.3.4 滚动轴承的寿命计算	264	14.5.5 滚动轴承的润滑	277
14.3.5 角接触轴承的轴向载荷计算	268	14.5.6 滚动轴承的密封	280
第15章 滑动轴承概述		理论练习题	282
15.1 滑动轴承的特点、应用及分类	284	实践练习题	283
15.2 滑动轴承的典型结构	284		284
15.3 轴瓦的结构和滑动轴承的材料	286	15.4.1 润滑剂及其选择	288
15.3.1 轴瓦的结构	286	15.4.2 润滑装置及润滑方法	289
15.3.2 轴承材料	287	15.4.3 润滑方式的选择	291
15.4 滑动轴承的润滑	288	15.5 滚动轴承与滑动轴承的性能比较	291
第16章 实践项目		练习题	292
16.1 实验项目	293	加工	313
16.1.1 实验一 低碳钢和铸铁的拉伸实验	293	16.2.3 实训三 带传动的设计	314
16.1.2 实验二 低碳钢和铸铁的压缩实验	295	16.2.4 实训四 标准直齿圆柱齿轮的设计与加工	315
16.1.3 实验三 低碳钢和铸铁的扭转实验	297	16.2.5 实训五 斜齿圆柱齿轮的设计与加工	317
16.1.4 实验四 机械原理和机械零件的认识实验	298	16.2.6 实训六 阶梯轴的设计与加工	318
16.1.5 实验五 机构运动简图测绘实验	301	16.3 机械设计基础课程设计	320
16.1.6 实验六 齿轮范成原理实验	303	16.3.1 课程设计一 一级圆柱齿轮减速器设计(适用于机电、机械类专业)	320
16.1.7 实验七 直齿圆柱齿轮参数的测定与分析实验	306	16.3.2 课程设计二 冲压(或塑料)模具设计(适用于模具专业)	320
16.1.8 实验八 减速器结构分析及拆装实验	310	16.3.3 课程设计三 机械(或零件)创新设计(适用于机械、机电专业)	320
16.2 实训项目	312	16.3.4 课程设计四 工装(或夹具)创新设计(适用于机电、机械专业)	320
16.2.1 实训一 搅拌机运动简图的设计	312		
16.2.2 实训二 盘形凸轮的设计与			
参考文献			321

第1章

机械设计基础概论

【内容简介】

本章主要介绍机械设计的基本概念、基本要求、一般方法、一般过程和机械零件的失效形式和设计准则等内容，并简要论述课程性质、研究对象、研究内容、学习任务以及学习方法。

【学习目标】

- ① 了解本课程的研究对象、学习内容和学习任务。
- ② 了解机械零件的失效形式和设计准则。
- ③ 掌握机器、机构和机械的概念。
- ④ 熟悉机械设计的基本要求及一般过程。

1.1 概 述

1.1.1 机器、机构和机械

(1) 机器

人们在日常生活中以及从事工业、农业和国防等各项生产活动中，都会接触到各种各样的机器，如汽车、拖拉机、收割机、内燃机、各种机床、缝纫机等。

机器是一种用来转换或传递能量、物料、信息的，能执行机械运动的装置。它用来代替或减轻人类的劳动强度，改善劳动条件，提高劳动生产率。

机器具有三个共同的特征：①机器是由人为制造的实物所组成的；②机器的各个部分之间具有确定的相对运动；③在工作时能够完成有用的机械功或实现能量的转换。

(2) 机构

机构是人为实物组合的各个部分之间具有确定相对运动的装置。因此，机构具有机器的前两个特征。在机器中普遍使用的机构称为常用机构，常用的有连杆机构、齿轮机构、凸轮机构以及各种间歇运动机构等。

从运动的角度来看，机构也是一种执行机械运动的装置。组成机构的各个相对运动部分称为构件。机构和机器一般都是由许多构件组合而成的。

(3) 机械

如前所述，从运动的观点来看，机器与机构之间并无差别。因此，机械是机器和机构的总称。

(4) 现代机械

随着科学技术的飞速发展,伺服驱动技术、检测传感技术、自动控制技术、信息处理技术以及精密机械技术、系统总体技术在机械中的使用,形成了一个崭新的现代制造业。

现代机械是一个以机械技术为基础,以电子技术为核心的高新技术的综合系统。与传统的机械相比,在产品的工作原理、结构和设计方法等方面都发生了深刻的变化。

目前,以机电一体化产品为代表,现代机械已经有了广泛的应用。如计算机控制的数控机床、机器人等机电一体化产品均属于现代机械。

1.1.2 机械设计

本课程的机械设计主要是研究常用机械和通用零件的设计,机械设计基础主要介绍常用机械和通用零件的基本知识、基本理论和基本方法;机械设计基础课程的内容主要包括理论力学的静力学部分、材料力学的四种基本变形和四种强度理论以及机械原理和机械零件的内容。

1.2 机械设计的基本要求

机械设计是人类在长期的生产实践中,为了实现某种预期的目标而进行的一种创造性活动。机械设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品,使其在市场竞争中取得优势,赢得用户、取得良好的经济效益。

产品的质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平,而产品设计则是关键。没有高质量的设计,就不可能有高质量的产品;没有经济观念的设计者,决不可能设计出性能价格比高的产品。据统计,约有50%的产品质量事故是由设计不当造成的;产品的成本60%~70%取决于设计。因此在机械产品设计中,特别强调和重视从系统的观点出发,合理地确定系统的功能;重视机电技术的有机结合,注意新技术、新工艺及新材料的采用;努力提高产品的可靠性、经济性及安全性。

机械设计的基本要求包括两个方面:一个是设计机器的基本要求;另一个是设计机械零件的基本要求。两者相互联系、相互影响。

1.2.1 设计机器的基本要求

(1) 功能性要求

机器能够实现预定的使用功能,并在规定的工作条件下、在预期的工作期限内能够正常地运行。为此,必须正确地选择机器的工作原理和机构的类型,并拟定机械传动的系统方案。

(2) 可靠性要求

可靠性是指机器在规定的使用条件下、在预定的工作期限内完成预定功能的能力。机器是由许多零部件组成的,从机器设计的角度讲,应尽量减少零部件的数目,选用标准件,合理设计机器中零部件的结构。

(3) 经济性要求

经济性是一项综合性的指标,要求设计和制造的成本低,生产效率高,能源与材料的消耗少,维护和管理的费用低等。

经济性体现在机器的设计、制造和使用的全过程中。

(4) 劳动和环境保护要求

在设计机器的时候,应符合劳动保护法规的要求。机器的操作系统要简便、安全和可靠,要有利于减轻操作人员的劳动强度。

对于生产中有噪声或污染物排放的机器,要全面考虑对周围环境的影响。采取各种有效措施消声减噪,设置污染物的回收和处理装置、净化装置等,以减少对环境的污染或破坏。

(5) 其他特殊要求

在设计机器的时候,还应满足某些特殊的要求。如食品机械必须保持清洁,不能污染食品等。

1.2.2 设计机械零件的基本要求

机器是由零件组成的,所设计的机器是否满足要求,零件的质量是关键。

(1) 保证零件正常、可靠地工作

零件应具有足够的强度和刚度,具备一定的寿命,才能保证在预定的工作期限内,正常、可靠地工作。

(2) 零件的经济性

零件的经济性主要决定于零件的材料和加工成本。要从合理地选用材料和设计良好的工艺结构两个方面考虑。此外,应尽可能采用标准化的零部件等。

1.3 机械设计的类型和一般方法

1.3.1 机械设计的类型

机械设计是创造性的劳动,同时也是对已有成功经验的继承过程。机械设计根据不同情况可以分成三种类型:开发性设计、适应性设计和变异性设计。

(1) 开发性设计

在机械产品的工作原理、方案和具体结构等完全未知的情况下,开发性设计应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术开发设计新产品,这是一种完全创新的设计。

(2) 适应性设计

在机械产品的工作原理、设计方案不变的前提下,对现有机机械产品仅作局部的变更或增加附加的功能,在结构上作相应调整,使产品更能满足使用要求。

(3) 变异性设计

在机械产品的工作原理和功能结构不变的情况下,为了适应工艺条件或使用要求,只改变产品的具体参数和结构。

1.3.2 机械设计的一般方法

机械设计的方法可分为常规设计方法和现代设计方法两种。

(1) 常规设计方法

常规设计方法是工程技术人员进行机械设计的重要基础,可分为理论设计、经验设计和模型实验设计三种。

① 理论设计 根据经过长期研究与实践总结出来的传统理论和实验数据所进行的设计称为理论设计。理论设计可得到比较精确、可靠、合理的结果。大多数机构的尺寸设计和重要零部件的工作能力设计等均采用理论设计。

理论设计的计算过程又分为设计计算和校核计算两种设计计算过程。

设计计算是指按照机械中零件已知的运动要求、受力情况、材料的特性以及失效形式等,运用一定的理论公式设计出零件的主要尺寸或危险剖面的尺寸,然后根据结构和工艺等方面的要求,设计出具体的结构形状。齿轮、轴的强度计算等属于设计计算。

校核计算则是参照已有的实物、图纸和经验数据,采用类比法、实验法等初步定出零件

的形状和尺寸,再用理论公式校核其强度是否满足使用要求。转轴的强度校核等属于校核计算。

② 经验设计 根据现有机械在使用中总结出的经验数据或公式进行的设计,或者根据设计者本人的经验采用类比法所进行的设计称为经验设计。

对于一些次要的零件,如受力较小的螺钉,一些理论上不够成熟或者虽有理论但没有必要进行复杂理论设计的零部件,如机架、箱体等,通常采用经验设计的方法。对于通过经验设计的零部件来说,一般不进行理论性的校核计算。

经验设计的特点是简便、可靠,避免了繁琐的计算过程。在工程实际中,这是一种使用有效的设计方法。但是,有时由于缺乏相似类型的机械可供类比,导致这种设计方法受到一定的限制。

③ 模型实验设计 把初步设计的零部件或机器制成小模型或小尺寸样机,通过实验的手段对其各个方面的特性进行检验,再根据实验结果修改初步设计的模型或样机,从而获得尽可能完善的设计结果,这种设计称为模型实验设计。

对于一些尺寸较大、结构复杂的零部件如新型重型设备、飞机的机身、新型船舶的船体等,由于难以进行可靠的理论设计,可采用模型实验设计的设计方法。

(2) 现代机械设计的方法

随着现代制造业的兴起和发展,传统的机械零部件或一般常用机械产品的常规设计方法已经不能适应现代机械产品设计的需要,这是目前我国机械工业产品缺乏竞争力或生命力的原因之一。

现代机械设计已经由传统的一般机械工业产品设计发展到直接面向市场的工业产品设计。因此,机械设计方法的发展与工业设计方法的发展是相互促进的。

现代机械设计方法是科学方法论应用于设计领域而形成的设计方法。近年来的现代机械设计方法已经得到了迅速发展,形成了许多相对比较成熟的分支学科,如优化设计方法、可靠性设计方法、有限元分析方法、计算机辅助设计、绿色设计以及模块化设计方法等。在一些机械产品的实际设计中,这些方法得到了不同程度的应用,取得了相应的效益。但是,这些方法在工程实践中还没有被普遍采用,一些新的设计思想和方法更有待于探索和发展。

1.4 机械设计的一般过程

1.4.1 机械设计的一般过程

机械设计的过程是一个复杂的过程,不同的设计类型其设计的过程也不尽相同。因此,机械设计的过程没有一个通用的固定顺序,必须根据具体情况来确定。在开发性设计中,它的一般过程大致包括规划设计、方案设计、技术设计、制造改进等几个设计阶段。

(1) 规划设计阶段

规划设计阶段的主要任务是进行需求分析、市场预测和可行性分析等,确定设计的参数和制约的条件,最后给出详细的设计指标和要求,以作为设计、评价和决策的依据。

规划设计阶段是设计工作顺利展开的必要前提和准备,只有在充分调查研究和分析的基础上,才能拟定出可行的设计任务书。

设计任务书是将机器的设计目标和要求具体化的一种形式,作为设计、制造、试验和鉴定的依据。设计任务书的主要内容有立项状况和产品设计要求。立项状况包括项目名称、设计单位、主要设计者、设计任务的预期期限以及设计费用等;产品设计要求包括机器的功能、适用性、性能指标、制造工艺、可靠性、使用寿命、成本、安全性和包装运输等。

(2) 方案设计阶段

在满足设计任务书中具体设计要求的前提下,由设计人员设计出多种可能的机械传动系统方案,画出机械运动简图。通过进行分析和比较,从中优选出一种功能满足要求、工作性能可靠、结构设计可行、成本低廉的设计方案。

机械传动系统的方案设计又称为机器运动方案设计,这是整个设计的关键。

(3) 技术设计阶段

技术设计阶段需完成全部的工程图纸设计,包括机器总体装配图、部件装配图和零件工作图等的的设计,编制好设计说明书、使用说明书以及工艺技术文件等。

(4) 制造改进阶段

当完成上述的设计工作之后,要经过加工、安装以及调试制造出样机,并对样机进行试运行或在生产现场使用。这一阶段的主要任务是根据产品在试验、使用或鉴定中出现的问题进行修改和相应的技术完善工作,使产品的效能、可靠性和经济性得到提高,更具竞争力。

在实际的设计工作中,上述设计步骤往往是相互交叉或平行的,而且并不是一成不变的。例如,计算和装配图、零件图的绘制就常常是相互交叉、互为补充的。

1.4.2 机械零件设计的一般过程

机械零件是组成机器的基本要素,其设计是机械设计中极其重要且工作量较大的设计环节。设计机械零件的一般步骤如下。

- ① 建立零件的受力模型。根据简化计算方法,确定作用在零件上的载荷。
 - ② 根据零件功能的要求选定零件的类型与结构。机械零件设计需要拟定出几种不同的方案,经过分析和比较之后,选用其中最优秀的一种方案。
 - ③ 根据零件的工作条件及零件的特殊要求,选择零件材料及热处理方法。
 - ④ 根据工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其设计准则。
 - ⑤ 选择零件的主要参数,并根据设计准则计算零件的主要尺寸。
 - ⑥ 进行零件的结构设计。这是零件设计中极为重要的设计内容,往往设计工作量较大。
 - ⑦ 结构设计完成后,必要时要进行强度校核计算。如果不满足强度的要求,则应修改结构设计。
 - ⑧ 绘制零件工作图,编写计算说明书及有关技术文件。
- 对于不同的零件和工作条件,设计的步骤可以有所不同。

1.5 机械零件的材料选用

机械零件常用的材料有金属材料、非金属材料 and 复合材料。其中金属材料应用最为广泛;非金属材料发展迅速,应用前景也日益广阔;而复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的工程材料。

1.5.1 零件的使用要求

使用要求指在给定的工作环境下和预期的寿命内零件能够正常工作的条件,主要有以下几点。

- ① 零件承受工作载荷的能力。主要从载荷的特点、零件的强度和刚度等方面考虑。
- ② 零件工作情况。包括工作条件以及工作环境等。
- ③ 耐磨性、寿命、可靠性等要求。
- ④ 零件尺寸和质量的要求。

在设计零件的时候,应以零件承受工作载荷的能力为主,综合考虑其他因素,合理地选择材料。

一般情况下选用碳素钢;承受冲击载荷、要求耐磨或要求紧凑时采用合金钢;载荷比较稳定时可选用铸铁。在高温下工作的零件,选用耐热的材料。在腐蚀介质中工作的零件,选用耐腐蚀的材料。

1.5.2 零件的工艺性要求

工艺性要求主要是毛坯制造、机械加工和热处理三方面。

(1) 毛坯制造

一般情况下采用锻造方法制造毛坯。采用锻造方法时,应选还原性、热塑性好的材料。对于需要锻造的零件,应根据零件的生产批量决定采用模锻还是自由锻。

对于尺寸较大且结构复杂的零件,大多采用铸铁或焊接方法制造毛坯,所选的材料必须具有良好的铸造工艺性或焊接工艺性。选用铸造还是焊接方法也取决于零件的生产批量。

(2) 机械加工

对于需要切削加工的零件,要考虑材料的易切削性能及已切削表面的粗糙度等。

(3) 热处理

热处理对改善材料的力学性能有很大的作用,应合理地选择热处理工艺。主要考虑材料的可淬性、淬火变形和淬透能力。

1.5.3 经济性要求

材料的经济性主要应从以下四个方面进行考虑。

(1) 材料的相对价格

在能够满足使用要求和工艺要求的前提下,应采用价格相对低的材料。例如以普通碳素钢的相对价格为1,则其他材料的相对价格为:灰铸铁 0.85、优质碳素钢 1.5~1.8、合金结构钢 2~2.5、合金工具钢 3~20 等,选用时要考虑材料的价格差别。

(2) 材料的加工费用

要考虑不同材料的加工批量和加工费用,包括毛坯制造、机械加工及热处理等。

(3) 局部品质增强

采用局部品质增强原则,可以满足零件不同部位对材料的不同要求。如蜗轮的齿圈采用青铜,而轮心采用铸铁等。

(4) 材料的利用率

提高材料的利用率也可降低成本。如采用无切削或少切削的材料及工艺,可提高材料的利用率。

1.6 机械零件的失效形式及设计计算准则

机械零件的失效是指机械零件丧失预定功能或预定功能指标降低到许用值以下的现象。进行机械零件设计时必须根据零件的失效形式分析失效的原因,提出防止或减轻失效的措施,根据不同的失效形式提出不同的设计计算准则。

1.6.1 失效形式

机械零件常见的失效形式有如下几种。

(1) 断裂

机械零件的断裂通常有以下两种情况;①零件在外载荷作用下危险截面上的应力超过零

件的强度极限时发生的断裂；②零件在循环应力的作用下危险截面上的应力超过零件的疲劳强度而发生的疲劳断裂。

(2) 过量变形

当零件上的应力超过材料的屈服极限时零件发生的塑性变形，或零件的弹性变形量过大使机器工作不正常。

(3) 表面失效

表面失效主要有疲劳点蚀、磨损、压溃和腐蚀等形式。表面失效后会增加零件的摩擦，使零件尺寸发生变化，最终造成零件的报废。

(4) 破坏正常工作条件引起的失效

有些零件只有在正常工作条件下才能正常工作，否则就会引起失效。如带传动因过载发生带打滑使传动不能正常工作。

1.6.2 设计计算准则

同一零件对于不同失效形式的承载能力也各不相同。根据不同的失效原因建立起来的工作能力判断条件，称为设计计算准则。主要包括以下几种。

(1) 强度准则

强度是指零件在载荷的作用下抵抗破坏的能力。强度可分为整体强度和表面强度两种。

整体强度的判断准则为：零件在危险截面处的最大应力 σ 不应超过许用应力 $[\sigma]$ 。即

$$\sigma \leq [\sigma]$$

表面接触强度的判断准则为：零件的接触应力 σ_H 不应超过许用接触应力 $[\sigma_H]$ 。即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

表面挤压强度的判断准则为：零件的挤压应力 σ_P 不应超过许用挤压应力 $[\sigma_P]$ 。即

$$\sigma_P \leq [\sigma_P]$$

(2) 刚度准则

刚度是指零件受载后抵抗变形的能力。刚度设计计算准则：零件在载荷作用下产生的弹性变形量，即挠度 y 和转角 θ 不应超过机器许用的挠度 $[y]$ 和许用转角 $[\theta]$ 。即

$$y \leq [y]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

(3) 耐磨性准则

设计时应使零件的磨损量在预定期限内不超过允许量。通常采用条件性的设计准则：即零件的压强 p 不大于零件的许用压强 $[p]$ 。即

$$p \leq [p]$$

(4) 散热性准则

零件工作时如果温度过高将导致润滑剂失效、材料的强度极限下降，从而使零件不能正常工作。散热性准则为：零件的工作温度 t 不应超过许用工作温度 $[t]$ 。即

$$t \leq [t]$$

(5) 可靠性准则

可靠性用可靠度表示。零件的可靠度 R 是指零件在规定的条件下、在规定的时间内正常工作的概率表示，即在规定的寿命时间内能连续工作的件数 N_S 占总件数 N_T 的百分比，即

$$R \leq N_S / N_T$$