

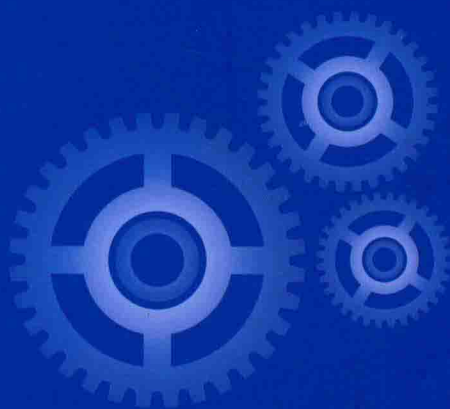
“十三五”普通高等教育规划教材

机械设计基础 (第2版)

JIXIE SHEJI JICHU

主 编 李建华 朱 颜

主 审 陈国定



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

“普通高等教育规划教材

机械设计基础

(第2版)

主 编 李建华 朱 颜
副主编 董海军 白传武
主 审 陈国定



广益教育“九斗”
APP 操作说明

北京邮电大学出版社
• 北京 •

内 容 提 要

本书是根据目前教学改革的实际需要,根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会机械设计课程组 2009 年 12 月颁布的《机械设计基础课程教学基本要求(非机类专业适用)》而编写的。

全书共分 15 章,主要内容包括:平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和其他常用机构的设计,机械运动方案的选择,机械速度波动调节,刚性回转件的平衡,机械连接、机械传动和轴系零部件设计。各章均附有一定数量的思考与练习题。另有附录,包括机械零件工作能力计算、极限与配合、机械零件制造工艺和计算机辅助设计及机械设计相关的基础知识。

本书主要作为高等院校非机械类专业的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李建华, 朱颜主编. — 2 版. — 北京:北京邮电大学出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5635-5159-0

I. ①机… II. ①李… ②朱… 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(2017)第 183700 号

书 名	机械设计基础(第 2 版)
主 编	李建华 朱 颜
策 划 人	韩 霞
责任编辑	韩 霞
出版发行	北京邮电大学出版社
社 址	北京市海淀区西土城路 10 号(100876)
电话传真	010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真)
网 址	www.buptpress3.com
电子信箱	ctrd@buptpress.com
经 销	各地新华书店
印 刷	北京泽宇印刷有限公司
开 本	787 mm×1 092 mm 1/16
印 张	17
字 数	432 千字
版 次	2018 年 1 月第 2 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5159-0

定 价:42.00 元

如有质量问题请与发行部联系
版权所有 侵权必究

前 言

本书是在第一版的基础并根据目前教学改革的实际需要,根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会机械设计课指组 2009 年 12 月颁布的《机械设计基础课程教学基本要求(非机类专业适用)》而编写的。

改版后的教材为“互联网+”立体化教材。通过广益教育“九斗”APP,扫描书中的二维码,可以查看重要知识点的微课、动画视频以及相关内容的扩展阅读。其中,带有标的二维码是微课和动画视频;带有标的二维码是拓展阅读。广益教育“九斗”APP 操作说明,请扫描扉页中的二维码即可查看。

本书本着“突出技能、重在实用、简化理论、实用为度”的指导思想,紧密结合非机类专业的需求特点,本着利于教学的基本要求,本书少而精的原则,删繁就简,着重讲述有关机械设计的基本概念、基本理论和基本方法。

本书从学生认识机器引入,使之了解机械设计的理念和内容,重点使学生掌握常用机构和通用零件的原理特点与应用,淡化机构和零件的设计计算。

本书突出机器整体概念,适当扩大知识面,增强与工程实际的联系,让学生通过设计实例了解设计理论和方法。

本书将与机械设计紧密相关的机械零件工作能力计算、极限与配合、机械零件制造工艺和计算机辅助设计等基础知识作为本书的附录编在书后,以便读者对机械设计的理解和掌握。

本书力求使全书简明易懂,好教好学,以及更具启迪性。在各章结尾都附有一定数量的思考与练习题,以帮助学生理解课程内容的理解和掌握。

在本书的编写过程中,编者参考和引用了有关教材的内容和插图,在此对这些教材的编者表示衷心的感谢。

本书由西北工业大学李建华、聊城大学朱颜担任主编,西北工业大学董海军、海南大学白传武担任副主编,西北工业大学陈国定教授担任主审。

由于编者水平和时间有限,漏误之处在所难免,敬请广大读者给予批评指正。

编 者

第1章 机械设计概论	1	2.4 零件设计的方法	15
1.1 概述	1	2.4.1 理论设计	15
1.2 机械设计的基础知识	2	2.4.2 经验设计	16
1.3 机械设计的一般过程	3	2.4.3 计算机辅助设计	16
1.3.1 构思和方案设计	3	2.4.4 模型实验设计	17
1.3.2 强度分析	3	思考与练习题	18
1.3.3 材料的选择	4	第3章 平面机构运动简图及自由度	19
1.3.4 外观	6	3.1 机构的组成	19
1.3.5 工艺性	6	3.1.1 运动副	19
1.3.6 经济性	7	3.1.2 运动链	20
1.3.7 安全性	8	3.1.3 机构	20
思考与练习题	8	3.2 平面机构运动简图	20
第2章 机械零件尺寸的确定	9	3.3 平面机构的自由度	22
2.1 概述	9	3.3.1 机构具有确定运动的条件	22
2.1.1 失效形式	9	3.3.2 平面机构自由度数的计算	23
2.1.2 强度分析中的基本概念	9	3.3.3 计算平面机构自由度的注意 事项	24
2.1.3 载荷和应力分类	10	思考与练习题	26
2.2 材料的机械特性	11	第4章 平面连杆机构	27
2.2.1 静拉伸试验	11	4.1 概述	27
2.2.2 材料的机械特性	11	4.2 平面四杆机构的基本形式和 演化	29
2.2.3 温度对材料机械性质的 影响	12	4.2.1 铰链四杆机构的基本形式	29
2.2.4 许用应力和安全系数	13	4.2.2 平面四杆机构的演化	31
2.3 疲劳曲线和疲劳极限	13	4.3 铰链四杆机构的特性	33
2.3.1 疲劳现象	13	4.3.1 铰链四杆机构中曲柄存在的 条件	33
2.3.2 疲劳曲线	14		
2.3.3 表面接触疲劳	14		

4.3.2 急回运动和行程速比系数	35	6.2.2 渐开线的特性	57
4.3.3 压力角与传动角	36	6.2.3 渐开线齿廓的啮合特点	58
4.3.4 机构的死点位置	37	6.3 齿轮的术语和基本尺寸	59
4.4 平面连杆机构的设计	37	6.3.1 齿轮各部分的名称和符号	59
4.4.1 平面四杆机构设计的基本问题	37	6.3.2 渐开线齿轮的基本参数	60
4.4.2 平面四杆机构设计	38	6.3.3 渐开线齿轮各部分的几何尺寸	61
思考与练习题	42	6.3.4 齿条和内齿轮的尺寸	62
第5章 凸轮机构	44	6.4 齿轮啮合过程	63
5.1 概述	44	6.4.1 正确啮合条件	63
5.1.1 凸轮机构的特点和应用	44	6.4.2 齿轮传动的中心距和啮合角	64
5.1.2 凸轮机构的分类	44	6.4.3 啮合过程及连续传动条件	66
5.2 推杆的常用运动规律	46	6.5 齿轮加工	66
5.2.1 等速运动规律	46	6.5.1 齿轮的加工	66
5.2.2 等加速、等减速运动规律	47	6.5.2 渐开线齿轮的根切现象	68
5.2.3 简谐运动规律	49	6.5.3 变位齿轮的概念	68
5.2.4 改进型运动规律简介	50	6.6 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	70
5.3 凸轮轮廓曲线的设计	50	6.6.1 齿轮的失效形式及设计准则	70
5.3.1 凸轮廓线设计方法的基本原理	50	6.6.2 齿轮的材料及选择	71
5.3.2 用作图法设计凸轮廓线	51	6.6.3 齿轮上的载荷分析	72
5.4 凸轮机构设计应注意的问题	52	6.6.4 齿面接触疲劳强度计算	72
5.4.1 滚子半径的选择	52	6.6.5 齿根弯曲疲劳强度计算	73
5.4.2 压力角的校核	53	6.6.6 直齿圆柱齿轮设计的一般过程	74
5.4.3 基圆半径的确定	54	6.7 斜齿圆柱齿轮传动	74
思考与练习题	54	6.7.1 斜齿圆柱齿轮的啮合特点	74
第6章 齿轮传动	55	6.7.2 斜齿圆柱齿轮的参数及几何尺寸	75
6.1 概述	55	6.7.3 斜齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件	77
6.1.1 平行轴间的齿轮传动	55	6.7.4 斜齿圆柱齿轮传动的重合度	77
6.1.2 相交轴间的齿轮传动	56	6.7.5 斜齿圆柱齿轮的当量齿轮和当量齿数	78
6.1.3 交错轴之间的齿轮传动	56	6.7.6 斜齿圆柱齿轮的强度计算	78
6.2 渐开线齿廓及其特性	57		
6.2.1 渐开线的形成	57		

6.8 直齿锥齿轮传动	79	7.5 减速器	96
6.8.1 概述	79	思考与练习题	97
6.8.2 直齿锥齿轮的参数和几何尺寸 计算	80	第8章 间歇运动机构及组合机构	99
6.8.3 直齿锥齿轮传动的正确啮合 条件	81	8.1 棘轮机构	99
6.8.4 直齿锥齿轮的当量齿轮和当 量齿数	81	8.2 槽轮机构	100
6.8.5 锥齿轮传动的强度计算	81	8.3 不完全齿轮机构	102
6.9 蜗杆传动	82	8.4 凸轮间歇机构	105
6.9.1 概述	82	8.5 组合机构	106
6.9.2 蜗杆传动的主要参数和几何 尺寸	83	思考与练习题	108
6.9.3 蜗杆传动的受力分析	85	第9章 带传动和链传动	109
6.9.4 齿面滑动速度 v_s	85	9.1 带传动的类型和特点	109
6.9.5 蜗杆传动的失效形式和 材料	85	9.2 带传动的工作能力分析	110
6.9.6 蜗杆传动的承载能力计算	86	9.2.1 带传动中的力分析	110
6.10 齿轮的结构设计	87	9.2.2 带的应力分析	111
6.10.1 齿轮结构	87	9.2.3 带的弹性滑动和打滑	112
6.10.2 蜗轮和蜗杆的结构	88	9.3 普通 V 带的标准及其传动设计 简介	114
思考与练习题	89	9.3.1 V 带的标准	114
第7章 轮系和减速器	90	9.3.2 V 带传动设计简介	115
7.1 概述	90	9.4 链传动	122
7.1.1 定轴轮系	90	9.4.1 滚子链的结构特点	122
7.1.2 周转轮系	90	9.4.2 链轮的齿形和参数	124
7.2 定轴轮系传动比	91	9.4.3 链轮的结构和材料	125
7.3 周转轮系及其传动比	91	9.4.4 链传动的运动分析	125
7.3.1 周转轮系的组成	91	9.4.5 链传动的设计计算	126
7.3.2 周转轮系的传动比	92	思考与练习题	129
7.4 轮系的功用	94	第10章 机械连接	131
7.4.1 获得大的传动比	94	10.1 概述	131
7.4.2 实现变速、变向传动	95	10.2 螺纹连接	131
7.4.3 实现运动的合成和分解	95	10.2.1 机械制造中常用的连接 螺纹	131
7.4.4 实现结构紧凑的大功率 传动	95	10.2.2 螺纹连接的基本类型和 螺纹连接件	133
		10.2.3 螺纹连接的预紧	136

10.2.4 螺纹连接的计算	137	11.7.1 滚动轴承的组合支承 方式	164
10.2.5 螺栓连接设计的几个 问题	139	11.7.2 滚动轴承的配合	165
10.3 键连接、销连接及型面连接	142	11.7.3 滚动轴承的装拆和调整 ...	166
10.3.1 键连接的类型	142	11.7.4 滚动轴承的润滑和密封 ...	167
10.3.2 平键连接的尺寸选择和强 度校核	143	11.8 滑动轴承和滚动轴承比较	168
10.3.3 花键连接	144	思考与练习题	168
10.3.4 销连接	145	第 12 章 轴和联轴器	170
10.3.5 型面连接	145	12.1 轴的分类和材料	170
10.4 铆接、焊接和胶接简介	146	12.1.1 轴的分类	170
10.4.1 铆接	146	12.1.2 轴的材料	171
10.4.2 焊接	146	12.2 轴的结构设计	172
10.4.3 胶接	147	12.3 轴的计算简介	174
思考与练习题	147	12.3.1 轴的强度计算	174
第 11 章 轴承	149	12.3.2 轴的刚度计算	175
11.1 概述	149	12.3.3 轴的振动计算概念	176
11.2 滑动轴承的结构和材料	150	12.4 联轴器、离合器和制动器	177
11.2.1 滑动轴承的结构	150	12.4.1 联轴器	177
11.2.2 轴瓦和轴承衬材料	152	12.4.2 离合器	182
11.3 非液体摩擦滑动轴承的设计 ...	154	12.4.3 制动器	185
11.3.1 非液体摩擦径向轴承	154	思考与练习题	187
11.3.2 非液体摩擦推力轴承	155	第 13 章 弹簧	188
11.4 动压轴承和静压轴承简介	155	13.1 概述	188
11.4.1 动压轴承的工作原理	155	13.1.1 弹簧的功用	188
11.4.2 静压轴承的工作原理	156	13.1.2 弹簧的类型	188
11.5 滚动轴承的结构、类型和 代号	157	13.2 弹簧的材料和许用应力	189
11.5.1 滚动轴承的结构	157	13.2.1 弹簧材料	189
11.5.2 滚动轴承的主要类型及 性能	157	13.2.2 弹簧的许用应力	189
11.5.3 滚动轴承代号	159	13.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的结构 和特性曲线	191
11.6 滚动轴承的选择	160	13.3.1 圆柱螺旋弹簧的结构	191
11.6.1 滚动轴承的类型选择	160	13.3.2 圆柱螺旋弹簧的特性 曲线	192
11.6.2 滚动轴承尺寸的选择	161	13.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计 计算	193
11.7 滚动轴承的组合设计简介	164		

13.4.1 弹簧的应力	194	A1.1 机械零件的工作能力	216
13.4.2 弹簧的变形	194	A1.2 机械零件变形的基本形式	217
13.4.3 弹簧的稳定性	195	A2 轴的拉伸与压缩	219
13.4.4 圆柱螺旋弹簧的设计计算 步骤	195	A2.1 轴向拉压杆的内力	219
13.5 其他弹簧简介	196	A2.2 轴向拉压杆的应力	219
13.5.1 圆柱螺旋扭转弹簧	196	A2.3 受拉(压)杆的强度计算	220
13.5.2 碟形弹簧	196	A3 剪切和挤压	221
思考与练习题	197	A3.1 挤压的概念	221
第 14 章 机械的平衡和调速	198	A3.2 剪切的实用计算	221
14.1 刚性转子的静平衡和动平衡	198	A3.3 挤压的实用计算	222
14.1.1 产生不平衡的原因	198	A4 圆轴的扭转	223
14.1.2 刚性转子的静平衡计算	198	A4.1 外力偶矩的计算	223
14.1.3 刚性转子的动平衡计算	199	A4.2 受扭杆横截面上的内力 ——扭矩	223
14.2 机械的速度波动及其调节 原理	201	A4.3 圆轴扭转时的强度计算	224
14.2.1 速度波动及其类型	201	A4.4 圆轴扭转时的变形与刚度 计算	224
14.2.2 周期性速度波动及其 调节	201	A5 弯曲	225
14.2.3 非周期性速度波动的 调节	203	A5.1 剪力与弯矩	225
思考与练习题	204	A5.2 剪力与弯矩方程	226
第 15 章 机械传动系统方案的拟定	205	A5.3 剪力图与弯矩图	226
15.1 概述	205	A5.4 纯弯曲时梁的正应力	226
15.2 机械传动系统方案的拟定	205	A5.5 横梁弯曲强度条件	227
15.2.1 拟定机械传动系统方案的 一般原则	205	A5.6 弯曲变形和刚度条件	227
15.2.2 机械传动系统方案设计的 一般步骤和方法	206	A6 强度理论	228
15.3 机械传动系统设计实例	211	A6.1 强度理论的概念	228
思考与练习题	215	A6.2 四种常用强度理论	229
A 机械零件工作能力计算基础	216	附录 B 极限与配合	232
A1 机械零件的工作能力及其基本变形 形式	216	B1 互换性与标准化概述	232
		B1.1 互换性的概述	232
		B1.2 标准化与互换性生产化的 关系	233
		B2 光滑圆柱的极限与配合	233
		B2.1 基本术语及定义	233
		B2.2 有关极限偏差、公差术语与 定义	234

B2.3	有关配合的定义	235	C1.1	制定工艺规程的原则、原始资料	242
B2.4	基准制	235	C1.2	制定工艺规程的步骤	242
B2.5	一般公差	236	C2	典型零件加工工艺	245
B3	极限与配合的选用	236	附录 D	计算机辅助设计简介	250
B3.1	基准制的选用	236	D1	CAD 技术概述	250
B3.2	公差等级的选用	236	D2	机械设计过程与机械 CAD 过程比较	250
B3.3	配合的选用	237	D3	机械 CAD 系统的软件	252
B4	几何公差	238	D4	三维产品建模技术	254
B5	表面结构和评定参数	239	D5	计算机辅助工程分析	256
B5.1	表面粗糙度轮廓的形成和特征	239	习题参考答案	259	
B5.2	表面粗糙度对零件功能的影响	240	参考文献	261	
B5.3	有关检验规范的基本术语 ..	240			
附录 C	机械零件机械加工工艺简介 ...	242			
C1	机械零件机械加工工艺过程	242			

第1章 机械设计概论

1.1 概 述

机械设计是根据用户的使用要求,对机械的工作原理、结构、运动方式、力和能量的传递方式、各个零件的材料和形状尺寸、润滑方法等进行构思、分析和计算,并将其转化为具体的描述以作为制造依据的工作过程。

机械设计是机械的重要组成部分,是机械生产的第一步,是决定机械性能的最主要的因素。机械设计的任务是:在各种限定的条件下(如材料、加工能力、理论知识和计算手段等)设计出最好的机械,即做出优化设计。优化设计需要综合地考虑许多要求,一般有最好的工作性能、最低的制造成本、最小的尺寸和重量、使用中最大可靠性、最低消耗和最少环境污染等。这些要求常是互相矛盾的,而且它们之间的相对重要性因机械种类和用途的不同而异。设计者的任务是按具体情况权衡轻重,统筹兼顾,使设计的机械有最优的综合技术性能及经济效益。过去,设计的优化主要依靠设计者的知识、经验和远见。随着机械工程基础理论和价值工程、系统分析等新学科的发展,制造和使用的技术经济数据资料的积累,以及计算机的推广应用,优化逐渐舍弃主观判断而依靠科学计算。

服务于不同产业的不同机械,应用不同的工作原理,要求具有不同的功能和特性。各产业机械的设计,特别是整体和整系统的机械设计,须依附于各有关的产业技术而难以形成独立的学科。因此出现了农业机械设计、矿山机械设计、纺织机械设计、汽车设计、船舶设计、泵设计、压缩机设计、汽轮机设计、内燃机设计、机床设计等专业性的机械设计分支学科。但是,这些专业设计又有许多共性技术,如机构分析和综合、力与能的分析和计算、工程材料学、材料强度学、传动、润滑、密封,以及标准化、可靠性、工艺性、优化等。此外,还有研究设计工作的内在规律和设计的合理步骤与方法的新兴的设计方法学。将机械设计的共性技术与理性化的设计方法学汇集成为一门独立的、综合性的机械设计学科是机械工

程实践和教育工作者正在努力的工作。

机械设计可分为新型设计、继承设计和变型设计三类。

(1) 新型设计。应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术,设计过去没有过的新型机械。

(2) 继承设计。根据使用经验和技术发展对已有的机械进行设计更新,以提高其性能,降低其制造成本或减少其运用费用。

(3) 变型设计。为适应新的需要对已有的机械作部分修改或增删而发展出不同于标准型的变型产品。

1.2 机械设计的基础知识

机械设计的基础知识包括:机械制图、机构学、理论力学、工程材料、材料力学和机械制造工艺学等各门课程。下面简要说明这些课程和机械设计的关系。

机械制图是用图样确切表示机械的结构形状、尺寸大小、工作原理和技术要求的学科。图样由图形、符号、文字和数字等组成,是表达设计意图和制造要求以及交流经验的技术文件,常被称为工程界的语言。

机构学是着重研究机械中机构的结构和运动等问题的学科,机构学研究各种机械中有关机构的结构、运动和受力等共性问题。机构学的研究内容分两个方面:一是对已有机构的研究,包含机构的结构分析、运动分析和动力分析等,其中在机构的运动分析和动力分析中需要运用理论力学中的运动学、动力学和静力学方面的相关知识;二是按机械设计要求设计新的机构,包括机构的结构设计、运动设计和动力设计等。

在机械制造业中,金属材料是目前使用量最大、使用范围最广的材料。金属材料分为钢铁材料和有色金属材料两大类。金属材料有着优良的使用性能和加工工艺性能。随着科学技术的进步,非金属材料以其具有一些金属材料所不具备的性能特点(如耐腐蚀性、绝缘、消声、质轻、生产率高、成本低等)而得到迅速发展。

机械零部件在载荷作用下可能会出现整体或表面断裂、过大塑性变形等,从而导致丧失正常工作能力,称为失效。要求所设计的机械零部件,在正常工作条件下,不出现这种类型的失效。材料力学的基本任务是研究构件在外力作用下抵抗变形和破坏的规律,在满足强度、刚度和稳定性要求的前提下兼顾构件截面形状、尺寸确定的合理性和材料选择的经济性,为设计既经济又安全的构件提供必要的理论基础和计算方法。

机械加工工艺过程是利用切削加工、磨削加工、电加工、超声波加工、电子束及离子束加工等机械、电的加工方法,直接改变毛

坯的形状、尺寸、相对位置和性能等,使其转变为合格零件的过程。把零件装配成部件或成品并达到装配要求的过程称为装配工艺过程。机械加工工艺过程直接决定零件和产品的质量,对产品的成本和生产周期都有较大的影响,是机械产品整个工艺过程的主要组成部分。设计者必须了解机械零部件的制造工艺,能从材料的选择、毛坯制造、机械加工、装配及维修等环节考虑有关工艺问题。

1.3 机械设计的一般过程

1.3.1 构思和方案设计

设计产品时的主要设想就是构思,原始设计就是构思在产品结构(包括机构)上的最初体现。产品的优劣,是由产品能实现的性能指标高低来评判的。

以发动机为例,从机构学观点看,转子发动机只有两个运动构件,即转子和曲轴,动力直接通过曲轴输出,而往复式发动机,动力要经过连杆,再由曲轴输出。转子发动机能顺序、均衡、平稳地输出能量;往复式发动机间断地以冲击方式输出能量。转子发动机利用转子表面自动开闭进排气阀门;往复式发动机要有专门的凸轮机构控制进排气阀门。可见转子发动机构件少,动力性能好。

从发动机的主要性能指标——功率容量比,即单位体积所产生的功率来看,转子发动机曲轴每转一圈,产生一个动力冲程;四冲程往复式发动机曲轴每转两圈,产一个动力冲程。可见转子发动机功率容量比是四冲程往复式发动机的两倍,即转子发动机体积小而功率大。

从这些分析可知转子发动机的构思和原始设计方案比往复式发动机优越。

往复式发动机的主体结构(曲柄滑块机构)是低副机构,圆柱形的活塞和汽缸容易加工。转子发动机的三角形转子,8字形缸内壁及内、外齿轮加工却很复杂。另外,转子的密封材料也比活塞的密封材料要求高。这些也许就是为什么先有往复式发动机的历史原因。

经过以上评述,可知每个产品的构思和设计都有它自身的特点,并有个历史发展的过程和相应的生产水平。应该说转子发动机是今天工艺水平和材料水平的产物。

1.3.2 强度分析

强度是零件材料没有失效前的承载能力的一种度量。零件所



机械设计
构思与方案

承受的载荷,可根据加载方式分为:

- (1) 逐渐加载;
- (2) 突然加载;
- (3) 在冲击条件下加载;
- (4) 连续交变地加载;
- (5) 在高温或低温条件下加载。

如果机器的重要零件损坏了,那么整部机器都必须停下来修理。因此在设计机器时,主要零件的强度必须足够,以防损坏。设计人员应当尽可能精确地确定作用在零件上力的性质、大小、方向和作用点。但是工程设计无法做到十分地严密,因为一方面很难确定作用力的全部要素,另一方面,即使同一种材料做成的不同试件,对载荷、温度、环境等条件所显示的抵抗能力也会不同。这样,计算的结果就不能准确地表示实际的承载能力。

为此,在机械设计中,必须做出合理的假设,以便对产品进行力学计算和强度分析。所谓合理的假设是指假设既要反映机器的实际工况,又要便于计算。一般地,这种假设都偏于保守,但也有考虑不周之处,所以对于重要产品,必须通过试验和试用,证明该产品的设计是成功的。

1.3.3 材料的选择

各种材料具有不同的抵抗外载、防止腐蚀和抵抗磨损的能力,这种能力表现为材料应具有的屈服极限、持久极限、弹性、韧性、硬度和抗腐蚀性等特性,另一方面各种零件在不同的工作条件下要求具有不同的特性,这些特性有些是必须具有的,有些是希望具有的。零件材料的选择就是根据零件使用要求的特性不同来选择具有这种特性的材料。

1. 机械零件的常用材料

机械制造中最常用的材料是金属材料,其又分为钢铁材料和有色金属合金(如铜、铝及其合金等);其次是非金属材料(如工程塑料、橡胶、玻璃、皮革、纸板、木材及纤维制品等)和复合材料(如纤维增强塑料、金属陶瓷等)。

随着科学技术的飞速发展,新材料不断涌现,材料的品种和规格也不断增多。但目前机械工业中用来制作机械零件的基础材料仍然是金属材料为主。

1) 钢

钢是一种含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。它具有较高的强度、塑性和韧性,钢制零件毛坯可用锻造、轧制、冲压、焊接、铸造等方法来获得,应用极为广泛。

按照用途的不同,钢可分为结构钢(用于制造各种机械零件和

工程结构的构件)、工具钢(用于制造刀具、量具和模具等)和特殊钢(如不锈钢、耐热钢、耐酸钢等,用于一些特殊场合)。

2) 铸铁

铸铁是一种含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。铸铁具有适当的易熔性,良好的液态流动性,因而可铸成形状复杂的零件。此外,它具有一定的减震性、耐磨性、切削性(指灰铸铁)且成本低廉,因此在机械制造中应用甚广。常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和合金铸铁等。其中灰铸铁应用最多。

3) 有色金属

有色金属及其合金种类繁多,由于其各具有某些特殊的性能,所以应用于一些特殊的场合,尤以铜合金、铝合金在机械工业中应用广泛。

(1) 铜合金。

铜合金有一定的强度和硬度,导电性、导热性、减磨耐磨性和耐蚀性良好,是制造电工器件和耐磨蚀零件的重要材料。常用的铜合金有黄铜和青铜之分,黄铜为锌和铜合金;青铜又分为锡青铜(铜与锡的合金)和无锡青铜(铜与铅、铝、镍、锰、硅、铍等的合金)。铜合金可以铸造辗压。

(2) 铝及铝合金。

铝及铝合金是应用最广的轻金属,纯铝有良好的塑性、耐蚀性、导电性、导热性和焊接性,但强度、硬度较低。在铝中加入合金元素硅、铜、镁、锰、锌等,可以获得重量轻、强度高的零件。铝合金分为铸造铝合金和变形铝合金两类,后者又包含防锈铝、锻铝、硬铝及超硬铝等类。

4) 工程塑料

工程塑料是在工程中用来作为结构或传动件材料的塑料,它有较强的强度,重量轻,绝缘性、减磨耐磨性、耐蚀性、耐热性好等特点。一般说来,其成形工艺性好,生产率高,应用范围日益扩大,越来越受到工程界的重视。

2. 材料的选择

从多种材料中选择出适宜的材料,要考虑诸多因素,通常应考虑以下几方面。

1) 载荷的大小和性质,应力的大小、性质及其分布状况

对于承受拉伸载荷为主的零件宜选用钢材,承受压缩载荷的零件应选铸铁。脆性材料原则上只适用于制造承受静载荷的零件,承受冲击载荷时应选择塑性较好的材料。

2) 零件的工作条件

在腐蚀介质中工作的零件应选用耐腐蚀材料,在高温下工作的零件应选耐热材料,在湿热环境下工作的零件,应选防锈能力好的材料,如不锈钢、铜合金等。零件在工作中有易发生磨损之处,

要提高其表面硬度,以增强耐磨性,应选择适于进行表面处理的淬火钢、渗碳钢、氮化钢。金属材料的性能可通过热处理和表面强化(如喷丸、滚压等)来提高和改善,因此要充分利用热处理和表面热处理的方法来发挥材料的潜能。

3) 零件的尺寸及质量

零件尺寸的大小及质量的好坏与材料的品种及毛坯制取方法有关,对外形复杂、尺寸较大的零件,若考虑用铸造毛坯,则应选用适合铸造的材料;若考虑用焊接毛坯,则应选用焊接性能较好的材料;尺寸小、外形简单、批量大的零件,适于冲压和模锻,所选材料就应具有较好的塑性。

4) 经济性

选择零件材料时,当用价格低廉的材料能满足使用要求时,就不应选择价格高的材料,这对于大批量制造的零件尤为重要。此外,还应考虑加工成本及维修费用。为了简化供应和储存的材料品种,对于小批制造的零件,应尽可能减少同一部设备上使用材料的品种和规格,使综合经济效益最高。

1.3.4 外观

外观往往可能是影响用户选择和购买产品的重大因素。例如,小轿车、摩托车等机械产品的外观,电视机、收录机等家用电器的外观都直接影响产品的竞争能力。又如儿童玩具的外观和造型,几乎是孩子们喜爱与否的决定因素。就是大型的机械设备,也必须外形美观大方。

一般来说,产品外观应具备下述特征:①对称性;②轻便;③可靠性;④轮廓清晰,色调明快;⑤舒适;⑥独特和富丽;⑦现代化造型。

图 1-1 为现代小轿车外观,它综合地体现了上述特征。



图 1-1 现代小轿车外观

1.3.5 工艺性

对已设计好的产品应选择适宜的工艺过程,对每个零件图所

标注的尺寸、公差、粗糙度和技术条件都直接影响工艺过程的优劣和生产周期的长短。根据零件图和零件材料的特性,可选择以下一种或多种工艺:①切削加工;②铸造;③锻造;④钣金;⑤冲压;⑥挤压;⑦注模法(塑料制品的注模法)。

当零件图样和材料确定之后,在一定程度上也就确定了采用某种工艺。

工艺的另一个重要方面是装配,即将各个零部件装配成一个整体。装配要根据产品的结构特点,选择合适的连接方式:

- (1) 螺栓、键、销钉连接(能方便地拆开);
- (2) 铆钉连接(可拆,但不方便);
- (3) 焊接(形成永久性连接,不可拆)。

同样的孔,采用车、镗还是磨削作为最后的工序,要根据加工精度和表面粗糙度决定。表面采用油漆、抛光、电镀还是塑料涂层,要根据外观和抗腐蚀的要求决定。这都说明加工工艺和所设计产品的要求有着密切的关系。

1.3.6 经济性

经济性是一个综合性的指标,通俗地说,就是物美价廉。物美价廉是产品获得市场的决定性条件。设计人员不仅有责任使产品具有良好的功能和优越的质量,同时也有责任使产品价格便宜合理。对生产者而言,价格主要包含劳动力和材料的消耗,对用户而言,价格不仅包含购买费用,还应包含使用的耗费,即所耗电费和维修费用。质量粗劣、效率低下的产品,要不断维修且耗能过大。这样的产品没有市场。同样,产品质量虽好,但价格昂贵,也不会有竞争能力。

为此,设计人员应认真考虑产品的下述问题:

- (1) 产品的基本功能是什么?
- (2) 怎样能使它获得最佳的功能?
- (3) 是否绝对需要抗腐蚀的材料?
- (4) 尽量采用标准件了吗?
- (5) 装拆方便吗?
- (6) 产品能满足互换性要求吗?
- (7) 哪些零件该外购?
- (8) 公差还能放大吗?
- (9) 是否一定要求非常光滑的表面?

对问题(9),可举一个实例来加深印象。如要达到 $0.1\ \mu\text{m}$ 或更小的表面粗糙度,就要采用下述的复杂加工顺序:粗切、精切、粗磨、精磨、研磨,这将使生产成本大为提高。