

高 等 学 校 教 材

机械设计

徐龙祥 周 瑾 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

TH122/854

2008

高等学校教材

机 械 设 计

徐龙祥 周 瑾 主编

高等教育出版社

内容提要

本书共分 14 章,第 1 章介绍机械设计的一般原则和方法;第 2 至 12 章及第 14 章介绍常用机械零件的设计计算,第 13 章以磁悬浮轴承为例介绍机电一体化机械的一般设计方法。考虑到双语教学需要,在附录中用英文给出了第 9 章和第 13 章的内容,中英文不完全对应。全书采用最新国家标准。

本书可作为高等学校机械设计课程的教材,也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 / 徐龙祥, 周瑾主编. —北京: 高等教育出版社, 2008.6

ISBN 978-7-04-023986-7

I.机... II.①徐... ②周... III. 机械设计—高等学校—教材 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 049067 号

策划编辑	宋 晓	责任编辑	查成东	封面设计	于 涛	责任绘图	尹 莉
版式设计	张 岚	责任校对	张 颖	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京七色印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 28
字 数 680 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 6 月第 1 版
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷
定 价 31.90 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 23986-00

○ 前 言

本书的主线是设计,在内容安排上始终以设计为主导,突出“失效分析—设计准则的提出—数学与力学模型的建立—设计参数的选择—设计示例”的5S主线教学内容(S代表上述5个步骤第一个汉字的第一个拼音字母),对一些非主线的知识作了适当删减。

本书在稳定面上教学、稳定传统教学内容的前提下,更新和增补了部分教学内容。本书将研究生教材中的“滑动轴承的流体润滑理论”作为本书中动压润滑滑动轴承的主要蓝本;在轴的设计章节中,充实了轴的动力学设计的相关内容;以磁悬浮轴承为例介绍了机电一体化机械的一般设计方法;有两章内容采用中、英文双语编写,中英文不完全对应;部分专业名词给出了相应的英文术语。

参加本书编写的有:南京航空航天大学徐龙祥(前言、第1章、第11章、第13章、第14章、附录2)、周瑾(第2章、第9章、附录1)、于敏(第10章、第12章)、马希直(第5章)、岳林(第6章)、韩文非(第3章),郑州航空工业管理学院王利红(第4章、第7章),南昌航空大学朱保利(第8章)。全书由徐龙祥、周瑾主编。

本书的中文内容承教育部机械基础课程教学指导分委员会委员、西北工业大学陈国定教授审阅,英文内容承英国帝国理工学院(Imperial College London)臧朝平教授审阅,他们提出了许多宝贵的意见和建议;本书充分参考、吸取了本校和兄弟院校老师编写的机械设计和机械设计基础教材的教学思想、教学内容和教改成果;书中很多附图是由南京航空航天大学机械设计与理论专业的部分研究生协助设计的;上海大学轴承研究所——上海博高科技有限公司的朱礼进先生提供了滑动轴承的照片。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误和欠妥之处在所难免,敬请读者不吝批评指正。欢迎各位同仁共同探讨、切磋、提高,如有意见或建议请发邮件至 zhj@nuaa.edu.cn。

编者

2007年10月于南京

目 录

第1章 绪论	1	习题	34
1.1 机械及机械设计	1	参考文献	35
1.2 本课程的研究对象及其地位	2	主要符号说明	35
1.3 本课程的教学目标与学习方法	3	第3章 螺纹连接与螺旋传动	37
第2章 机械设计总论	5	3.1 概述	37
2.1 机械设计的基本要求	5	3.2 螺纹连接的基本知识	38
2.2 机械设计的主要内容和一般步骤	6	3.2.1 螺纹的形成	38
2.2.1 机械设计的主要内容	6	3.2.2 螺纹的主要参数	38
2.2.2 机械设计的一般步骤	7	3.2.3 常用螺纹的类型、特点和应用	39
2.2.3 机械零件设计的一般步骤	9	3.2.4 螺纹连接的类型	41
2.3 机械零件的工作能力和计算准则	10	3.3 螺纹连接的防松	43
2.4 机械零件的设计方法	12	3.4 螺栓组连接的结构设计和受力分析	45
2.5 机械零件的材料及其选用原则	13	3.4.1 螺栓组连接的结构设计	45
2.5.1 机械零件的材料	13	3.4.2 螺栓组连接中单个螺栓的总载荷	46
2.5.2 机械零件材料的选用原则	14	3.5 单个螺栓连接的强度设计	52
2.6 机械零件的结构工艺性	15	3.5.1 普通螺栓连接的强度设计	53
2.7 机械零件设计中的标准化	16	3.5.2 铰制孔用螺栓的强度设计	55
2.8 机械零件的强度及其设计准则	16	3.5.3 螺纹连接件的材料及许用应力	56
2.8.1 机械零件的载荷	16	3.6 提高螺纹连接强度的措施	61
2.8.2 机械零件的应力	18	3.6.1 减小螺栓的应力幅	61
2.8.3 静应力作用下的强度计算	19	3.6.2 改善螺纹牙间载荷分配不均的现象	62
2.8.4 变应力作用下的强度计算	20	3.6.3 减小应力集中	63
2.9 机械产品现代设计思想和方法简介	31	3.6.4 避免附加应力	63
2.9.1 传统机械设计方法的局限性	31	3.6.5 采用合理的工艺措施	64
2.9.2 机械产品的现代设计思想	32	3.7 螺旋传动简介	64
2.9.3 机械产品的现代设计方法	32	3.7.1 滑动螺旋传动	65
思考题	34	3.7.2 滚动螺旋传动	69
		思考题	70
		习题	70
		参考文献	73

主要符号说明	73	5.4 渐开线直齿圆柱齿轮传动的	
第4章 键、销、铆钉及其他连接	75	载荷计算	108
4.1 概述	75	5.4.1 名义工作载荷	108
4.2 键连接	75	5.4.2 计算载荷	110
4.2.1 平键连接	75	5.5 渐开线直齿圆柱齿轮的强度	
4.2.2 半圆键连接	78	计算	114
4.2.3 楔键连接	78	5.5.1 齿面接触疲劳强度计算	114
4.2.4 切向键连接	79	5.5.2 齿根弯曲疲劳强度计算	118
4.3 平键的选择和平键连接的		5.5.3 主要参数选择	120
强度校核	80	5.6 渐开线斜齿圆柱齿轮的强度	
4.4 花键连接	81	计算	129
4.4.1 花键连接的类型特点和应用	81	5.6.1 受力分析	129
4.4.2 花键连接的强度计算	82	5.6.2 齿面接触疲劳强度计算	131
4.5 销连接	83	5.6.3 齿根弯曲疲劳强度计算	131
4.6 铆钉连接	84	5.7 渐开线直齿锥齿轮的强度	
4.6.1 铆钉连接和铆钉	84	计算	134
4.6.2 铆钉连接的强度条件	85	5.7.1 几何尺寸计算	135
4.7 焊接	86	5.7.2 受力分析	136
4.7.1 熔融焊	86	5.7.3 齿面接触疲劳强度计算	137
4.7.2 钎焊	88	5.7.4 齿根弯曲疲劳强度	137
4.8 过盈连接	89	5.8 渐开线齿轮结构设计与零件	
4.8.1 过盈连接的特点及应用	89	工作图	141
4.8.2 过盈连接的设计计算	89	5.9 齿轮传动的润滑	144
4.9 型面连接	93	思考题	147
思考题	94	习题	147
习题	94	阅读材料:其他齿轮传动简介	148
参考文献	95	参考文献	152
主要符号说明	95	主要符号说明	152
第5章 齿轮传动	97	第6章 蜗杆传动	154
5.1 概述	97	6.1 概述	154
5.1.1 齿轮传动的特点和类型	98	6.2 普通圆柱蜗杆传动的主要	
5.1.2 齿轮传动的主要参数	98	参数与几何尺寸	158
5.1.3 精度等级及其选择	100	6.2.1 圆柱蜗杆传动的主要参数	158
5.2 齿轮传动的失效形式和设计		6.2.2 圆柱蜗杆传动的几何尺寸	
准则	101	计算	161
5.2.1 齿轮传动的失效形式	101	6.3 蜗杆传动的失效形式、材料	
5.2.2 设计准则	103	和结构	162
5.3 齿轮的材料及其选择	104	6.3.1 蜗杆传动的失效形式及材料	
5.3.1 齿轮材料	104	选择	162
5.3.2 齿轮材料的选择	107		

6.3.2 蜗杆和蜗轮的结构	163	8.1 概述	206
6.3.3 圆柱蜗杆传动的精度等级 及其选择	163	8.2 传动链的结构特点	207
6.4 圆柱蜗杆传动的受力分析	164	8.2.1 滚子链	207
6.5 普通圆柱蜗杆传动的强度 计算	165	8.2.2 齿形链	209
6.5.1 普通圆柱蜗杆传动的接触 强度计算	165	8.3 滚子链链轮的结构和材料	209
6.5.2 蜗轮齿根弯曲疲劳强度计算	167	8.3.1 链轮的基本参数及主要尺寸	209
6.5.3 蜗轮的许用应力	168	8.3.2 链轮齿形	211
6.6 圆柱蜗杆传动的效率、润滑 和热平衡计算	169	8.3.3 链轮的结构	213
6.6.1 蜗杆传动的效率	169	8.3.4 链轮的材料	213
6.6.2 蜗杆传动的润滑	170	8.4 链传动的运动分析	214
6.6.3 蜗杆传动的热平衡计算	170	8.5 链传动的受力分析	215
思考题	173	8.6 滚子链传动的设计计算	216
习题	174	8.6.1 链传动的失效形式	216
阅读材料	174	8.6.2 滚子链传动的额定功率	216
参考文献	175	8.6.3 滚子链传动的设计方法和 步骤	218
主要符号说明	175	8.6.4 链传动的静强度计算	220
第7章 带传动	177	8.7 链传动的布置、张紧和润滑	220
7.1 概述	177	8.7.1 链传动的布置	220
7.1.1 带传动的类型和特点	178	8.7.2 链传动的张紧	221
7.1.2 V带的类型、结构和标准	178	8.7.3 链传动的润滑	222
7.2 带传动的工作情况分析	181	思考题	226
7.2.1 带传动的受力分析	181	习题	226
7.2.2 带的应力分析	184	参考文献	226
7.2.3 带的弹性滑动和打滑	185	主要符号说明	226
7.3 V带传动的设计计算	186	第9章 轴	228
7.3.1 带传动的设计准则与许用 功率	186	9.1 概述	228
7.3.2 V带传动的设计步骤	191	9.1.1 轴的功用和类型	228
7.4 V带轮的结构设计	198	9.1.2 轴的材料	230
7.5 V带传动的张紧装置	200	9.1.3 轴设计的主要内容	231
思考题	201	9.2 轴的结构设计	231
习题	202	9.2.1 轴上零件的布置与装配	232
阅读材料:其他带传动介绍	202	9.2.2 轴上零件的定位与固定	233
参考文献	203	9.2.3 轴的结构工艺性	235
主要符号说明	204	9.2.4 改善轴的受力状况,提高轴 的疲劳强度	235
第8章 链传动	206	9.2.5 轴的各段直径及长度的确定	236
		9.3 轴的强度计算	237
		9.3.1 按扭转强度条件计算	237
		9.3.2 按弯扭合成强度条件计算	238

9.3.3 按疲劳强度条件进行精确 校核	242	10.7 滚动轴承的极限转速计算	287
9.4 轴的刚度计算	245	思考题	288
9.4.1 轴的扭转变形计算	245	习题	289
9.4.2 轴的弯曲变形计算	246	阅读材料:陶瓷轴承简介	291
9.5 轴的动力学设计	246	参考文献	293
9.5.1 刚性支承的单圆盘转子的 临界转速	247	本章附录	293
9.5.2 实际转轴的临界转速计算	249	主要符号说明	295
思考题	250	第11章 滑动轴承	296
习题	250	11.1 概述	296
参考文献	253	11.1.1 干摩擦	297
本章附录	254	11.1.2 流体摩擦	297
主要符号说明	258	11.1.3 非流体摩擦	297
第10章 滚动轴承	259	11.2 滑动轴承的结构形式及 材料	298
10.1 概述	259	11.2.1 向心滑动轴承	299
10.2 滚动轴承的结构类型和 代号	260	11.2.2 推力滑动轴承	300
10.2.1 滚动轴承的基本类型和 特点	260	11.2.3 轴瓦结构	300
10.2.2 滚动轴承的代号	264	11.2.4 滑动轴承材料	302
10.3 滚动轴承的类型选择	267	11.3 非液体润滑滑动轴承	304
10.4 滚动轴承的尺寸选择	268	11.3.1 非液体润滑向心滑动轴承 的设计	305
10.4.1 滚动轴承的失效形式和 计算准则	268	11.3.2 非液体润滑推力滑动轴承 的设计	305
10.4.2 滚动轴承的寿命计算	269	11.4 液体动力润滑滑动轴承	307
10.4.3 滚动轴承的静强度计算	276	11.4.1 概述	307
10.5 滚动轴承的组合结构设计	278	11.4.2 产生动力润滑的必要条件	308
10.5.1 滚动轴承的轴向固定	278	11.4.3 液体润滑滑动轴承的主要 形式及参数	309
10.5.2 滚动轴承的配置	280	11.4.4 液体润滑滑动轴承的工作 状态简述	310
10.5.3 轴承游隙及轴上零件位置 的调整	282	11.4.5 液体动力滑动轴承的承载 原理	311
10.5.4 滚动轴承的配合	283	11.4.6 设计高速滑动轴承应注意 的问题	320
10.5.5 滚动轴承的装拆	284	11.5 滑动轴承的润滑	320
10.5.6 保证支承部分的刚性和同 轴度	285	11.5.1 润滑剂	320
10.5.7 滚动轴承自身的组装	285	11.5.2 润滑剂的主要性能指标	320
10.6 滚动轴承的润滑和密封	285	11.5.3 润滑剂的选择	321
10.6.1 滚动轴承的润滑	285	11.5.4 润滑方式及装置	322
10.6.2 滚动轴承的密封	286	11.6 其他滑动轴承简介	323

11.6.1 可倾瓦轴承	323	13.5 磁悬浮轴承的特点	353
11.6.2 液体静压轴承	324	13.6 磁悬浮轴承在工业上的应用 实例	353
11.6.3 气体滑动轴承	325	13.7 磁悬浮轴承的基本设计	354
思考题	325	13.7.1 磁悬浮轴承的几何参数	354
习题	325	13.7.2 磁悬浮力的计算	355
阅读材料:转子-轴承系统的动力 稳定性	326	13.7.3 电磁力的线性化	357
参考文献	328	13.7.4 转子的运动方程	357
主要符号说明	328	13.7.5 磁悬浮轴承控制系统框图	358
第12章 联轴器和离合器	330	13.7.6 位移传感器	358
12.1 概述	330	13.7.7 控制器	359
12.2 联轴器	332	13.7.8 功率放大器	360
12.2.1 联轴器的分类及其应用	332	阅读材料:隧道真空磁悬浮列车的 设想	361
12.2.2 联轴器的选择	336	参考文献	362
12.3 离合器	339	主要符号说明	362
12.3.1 牙嵌离合器	339	第14章 弹簧	363
12.3.2 圆盘摩擦离合器	340	14.1 概述	363
12.3.3 离合器的选择	343	14.1.1 弹簧的功用	363
12.4 自动离合器	343	14.1.2 弹簧的主要类型和特点	364
12.4.1 安全离合器	343	14.2 圆柱螺旋弹簧的设计	365
12.4.2 离心式离合器	344	14.2.1 圆柱螺旋弹簧的结构	365
12.4.3 超越离合器	344	14.2.2 圆柱螺旋弹簧的几何尺寸	367
思考题	346	14.2.3 圆柱螺旋弹簧的特性曲线	369
习题	346	14.2.4 圆柱螺旋弹簧的材料和 许用应力	370
阅读材料:金属膜盘挠性联轴器	346	14.2.5 圆柱螺旋弹簧的设计	373
参考文献	346	14.3 弹簧的制造	377
主要符号说明	347	14.4 其他类型的弹簧	378
第13章 机电一体化机械设计	348	14.4.1 板弹簧	378
13.1 概述	348	14.4.2 碟形弹簧	378
13.2 磁悬浮轴承的工作原理及其 组成	348	14.4.3 橡胶弹簧	379
13.3 磁悬浮轴承的结构与材料	349	14.4.4 空气弹簧	379
13.3.1 径向磁悬浮轴承的结构与 材料	349	习题	380
13.3.2 轴向磁悬浮轴承的结构与 材料	351	参考文献	380
13.3.3 一套完整磁悬浮轴承系统 的组成	351	主要符号说明	381
13.4 磁悬浮技术发展的简要回顾	352	附录1 CHAPTER 9 SHAFTS	382
		9.1 Introduction	382
		9.1.1 Functions and types of shafts	382
		9.1.2 Shaft materials	384

9.1.3	Main contents of shafts design	386
9.2	Design of shaft geometry	387
9.2.1	The arrangement of elements on shafts	387
9.2.2	Attachments of elements on a shaft	389
9.2.3	Manufacturing and assembly requirement	391
9.2.4	Improving the fatigue strength of the shafts	392
9.2.5	Designing the shape of a shaft	393
9.3	The strength of shafts	393
9.3.1	Designing shafts by torsional stresses	394
9.3.2	Designing shafts with combined bending and torsional stresses	395
9.3.3	Checking the fatigue strength of the designed shaft	400
9.4	The rigidity of shafts	402
9.4.1	Shaft design for torsional stiffness	403
9.4.2	Shaft design for bending rigidity	404
9.5	The dynamic design of shafts	404
9.5.1	The critical rotating speed of the single disk rotor supported by rigid supporting	405
9.5.2	The calculation of shaft critical rotating speed	407
	Thinking problems	410
	Problems	410
	Appendix	413
	Nomenclature	417

附录2 CHAPTER 13

	MECHATRONICS	418
13.1	Introduction	418
13.2	The principle and composition of the active magnetic bearing	418

13.3	The structures and materials of magnetic bearings	419
13.3.1	The structure and material of the radial magnetic bearing	419
13.3.2	The structure and material of the axial magnetic bearing	421
13.3.3	The component of a complete magnetic bearing system	421
13.4	The brief history of the development of electromagnetic suspensions	423
13.5	The characteristics of the AMB system	423
13.6	Examples of the active magnetic bearings used in industry	425
13.7	The basic design of active magnetic bearings	425
13.7.1	Geometry of active magnetic bearings	425
13.7.2	Estimation of the magnetic force	425
13.7.3	The linearization of magnetic force	428
13.7.4	The movement equations of the rotor	429
13.7.5	The control system of active magnetic bearings	429
13.7.6	Displacement sensors	430
13.7.7	The controller	431
13.7.8	The power amplifier	433

	Reading material: the magnetically levitated vehicle (MAGLEV) in vacuum tube	434
--	--	-----

	References	434
	Nomenclature	435

第1章 绪论

本章主要介绍机械系统的组成、本课程的研究对象及其在科学研究中的地位。

1.1 机械及机械设计

1. 机械

机械是机器与机构的总称。机械可以分解成如下几个部分：

1) 零件 是机械设备的制造单元,可以分为专用零件和通用零件。仅限于很少类型机械设备中应用的零件称为专用零件,如螺旋桨、曲轴、叶轮等。广泛应用于各种不同类型机械中的零件称为通用零件,如螺钉、齿轮、轴、轴承、键等。多数通用零件处于普通工况下工作并具有一般大小的尺寸,称之为常规通用零件;如果通用零件的尺寸很大或很小,工作温度很高或很低,转速或线速度很高,载荷很大,或工作环境特殊(真空或腐蚀环境),则称之为特殊通用零件。本课程只研究常规通用零件。

2) 部件 为了便于机械的设计、制造、安装、维修和运输,通常将机器分成若干个相互联系但又相对独立的部件,这样的部件是由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合物,如减速器、联轴器、滚动轴承等。

3) 构件 是机械设备的运动单元。它可以是单个零件,也可以是多个零件刚性地连接在一起组成的,如自行车的前轮是由金属钢圈、钢丝辐条、轮毂和橡胶轮胎等刚性地连接在一起,能够转动并承受载荷。

4) 机构 是由许多具有确定相对运动关系的构件及零件,通过高副或低副连接在一起的组合物。

5) 机器 是可以用来变换或传递能量的机构,如发动机、压缩机等。

2. 机械设计

设计一词源于拉丁语 designare,由 de(记下)与 signare(符号、记号、图形等)两词组合而成。因此设计(design)一词最初的含义为将符号、记号、图形等记下来。可见设计是人类为了达到某一目的,将自己的思想用文字、图形、符号等方式表达并记录下来的过程。

机械设计是人类根据某一具体机械产品的要求,应用当代各种先进技术和工具,求得一个在技术上尽可能完善,生产成本和维护成本尽可能低,使用方便,性能可靠,外形美观的设计方案及其计算和设计图纸的过程。

3. 机械发展简史

人类在长期的生产实践中逐渐创造了机器,提高了生产效率,减轻了人类的劳动强度,极大地推动了人类文明的发展进程。

机器从诞生到现在,可以粗略地分为古代机械、近代传统机械和现代机械三个历史阶段。

1) 古代机械 其典型特征是:① 所用材料以木材为主,包含少量的铁和铜;② 应用领域主要是农业生产、食品加工、酿造、纺织、家庭日用品等行业;③ 动力以人力、畜力、水资源为主。这一时期的机器比较简单,外观比较粗糙,延续的时间最长。到18世纪英国发明家詹姆斯·瓦特(James Watt)发明了蒸汽机,机器的发展才进入了近代传统机械的快速发展时期。

2) 近代传统机械 其典型特征是:① 所用材料以金属为主;② 应用领域广泛,涉及农业、食品卫生、交通、机械工程等诸多行业;③ 动力以煤炭、石油为主。开始于18世纪的第一次工业革命,现在仍然活跃在人类的生产实践中,如自行车、拖拉机、早期的火车等。

3) 现代机械 现代机械通常称为机电一体化机械(mechanotronics),是电子信息技术向机械工程领域逐渐渗透、相互融合而形成的产物,涉及机械技术、微电子技术、计算机技术、控制技术、信息处理技术等诸多学科。现代机械工程正在朝着信息化、自动化、智能化方向发展。近几十年的发展表明,在现代机械工程领域,所有有生命力、有发展前途、有较大影响的新技术、新工艺和新生科研方向都集中在机电一体化领域。在工程和科学技术发展的过程中,现代机械担负着重要的角色,在国防、交通、机械制造、通信等领域发挥了重要的作用,已经成为衡量一个国家科技发展综合实力的重要方面。

和传统机械相比,机电一体化机械主要增添了传感器、控制器和驱动器三大部分,它不仅能感受环境的变化,而且还能根据控制程序对此作出反应,具有类似于人的智能。机器人、数控机床、磁悬浮列车、飞机、汽车等是其典型代表。

1.2 本课程的研究对象及其地位

1. 研究对象

机械设备是由很多零件或部件(简称零部件)装配在一起而组成的。本课程只研究常规通用机械零部件的设计及由常规通用机械零部件组成的简单机械的设计,至于特殊通用零部件和特殊零部件的设计,可参考其他相关的专业书籍。

不论是古代机械、近代传统机械还是现代机械,它们都由以下几个部分组成:

1) 动力装置 任何机器都需要动力来驱动,否则不能工作。大多数古代机械以及少量近代传统机械由人、动物或水力提供动力,如人工纺车、农村灌溉用的水车、自行车、家用剪刀、水牛耕田等。目前工业上广泛应用的动力装置有两类:一次动力机和二次动力机。前者如早期火车用的蒸汽机、拖拉机用的柴油机以及发电机用的汽轮机等;后者如广泛应用的电动机、液压马达或气压马达等。在现代机械工程中,大多数采用电动机作为动力装置。动力装置属于专用机械,不是本课程的研究对象,但是动力装置中用到的通用零件如轴承、轴等仍然是本课程的研究对象。

2) 连接装置 不论是通用机械设备还是专用机械设备,都是由许许多多的零件制造而成的。因此零件与零件之间的连接方法如螺纹连接、键连接等均是本课程的研究对象之一。

3) 传动装置 对于任何一台机器,能源通过动力装置输入,最终驱动输出构件运动,如汽车的动力由发动机输入,最终驱动车轮转动。一般来说,动力装置的速度及其运动方向往往与输出构件的速度及其运动方向是不同的。因此,在动力装置与输出构件之间需要一系列传动装置改变动力装置的速度大小与方向。工程上常用的传动装置如齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等均是本课程的主要研究对象。

4) 轴系零部件 机器中有很多圆形或环形的零件,其运动方式一般为转动,如汽车的车轮、飞机起落架的轮胎、齿轮传动中的齿轮等。这些零件都需要装配在轴上。任何机器中都有运动的构件和相对静止的构件,为了减少摩擦与磨损就需要轴承。此外,动力装置一般由专业厂家制造,为了把动力装置的能量传递到机械设备,往往需要一种装置将动力装置的输出轴与机械设备的动力输入轴连接在一起,这种装置称为联轴器和离合器。轴、轴承(包括滚动轴承和滑动轴承)、联轴器和离合器统称为轴系零部件,也是本课程的主要研究内容。

5) 弹簧 在很多机器中,往往需要使用弹性零件储存能量、减振等,如机械钟表中的储能弹簧、汽车车轮上面的减振弹簧等。

综上所述,连接装置(如螺纹连接、键连接等)、传动装置(如齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等)、轴系零部件(如轴、轴承、联轴器和离合器等)、弹簧等是本课程的主要研究内容,这些内容属于近代传统机械的范畴。众所周知,现代机械工程都在朝着信息化、自动化、智能化方向发展。因此本教材在介绍这些传统教学内容的同时,还简要介绍了机电一体化机械的设计方法。

2. 本课程在工程技术领域中的地位

机械工业是衡量一个国家科技发展综合实力的重要方面,对国民经济以及国防现代化有举足轻重的影响。机械设计是机械工业的核心内容之一,产品的质量和效益取决于设计、制造和管理的综合水平,而产品设计则是关键。据统计,产品质量事故约有60%是设计不当造成的;产品成本的60%~70%取决于设计。众所周知:不论是国外制造的还是国内制造的汽车,其工作原理都是相同的,但是由于机械设计的手段和内涵有差别,再加上机械制造水平的差异,导致了不同国家生产的汽车在质量上有很大的差别。国内外飞机的工作原理都是相同的,但也是由于设计和制造水平的不同,从而导致了不同国家的飞机在质量上有差别。战斗机质量上的微小差别,往往能够左右空战的结果。再看看一些简单的日用品,瑞士军刀的设计、制造质量很高,虽然价格不菲,但人见人爱,誉满全球;市场上也有很多厂家生产的小刀,虽然价格很便宜,但顾客就是不愿消费。

1.3 本课程的教学目标与学习方法

1. 本课程的教学目标

1) 培养学生掌握通用机械零件的工作原理、特点、维护和设计计算的基本知识、基础理论、基本方法、基本过程,并初步具备设计简单机械传动装置和简单机械的能力。

2) 培养学生具有应用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

3) 培养学生了解机电一体化机械的组成与设计步骤,了解可靠性设计、优化设计、有限元分析方法及其在机械工业中的应用。

4) 培养学生了解国家当前的技术经济政策,并养成及时了解机械工程和其他行业新发展的良好习惯。

2. 本课程的学习方法

本课程的特点是工程性、实践性特别强,设计型例题和习题的答案往往不惟一。因此在学习的过程中,要综合应用许多先修课程的基本知识与技能,充分结合各种实践环节的锻炼,逐步提

高基础理论水平与工程实践能力。学习理论知识的同时,应注重机械结构和工艺方面的学习与思考。寻找各种途径,积极、主动参加一些机械设计方面的实践锻炼。下面几点可供学习本课程时参考:

1) 机械设计是集多种学科于一体的一门课程,它涉及力学、测试、材料、制造工艺、电工电子学、计算机技术、信号处理技术、软件技术、控制工程等诸多学科的基本知识和前沿成果,一个成功的机械设计方面的专业人才,应该在这些方面有比较好的科学技术修养。只有平时不断积累,不断探索新工艺和新方法,不断采用交叉学科的新成果才能逐步成为机械设计方面的专业人才。

2) 注意区分本课程与先修课程“机械原理”的区别。本课程有些内容初看起来在“机械原理”课程中已经学过,但是讲授的内涵有较大区别。例如:齿轮传动在“机械原理”中着重讲授齿廓应该满足的基本形状,而本课程则重点回答以下问题如齿轮的材料、齿轮的热处理、齿轮的安全系数、齿轮的精度等级、齿轮传动的润滑方式等。能够实现回转副功能的部件是轴承。在“机械原理”课程中,不需考虑轴承的结构形式、寿命以及载荷的大小,只要用一个小圆圈表示是回转副就可以。但在本课程中,重点讲授制造轴承的材料、失效形式、结构设计、寿命计算、精度等级等多方面的技术问题。

3) 设计是本课程的核心,要掌握各种零件的设计过程。一般是先分析零件的失效形式,然后建立理论分析模型并根据失效形式建立设计准则,最后根据设计准则和零件的工作条件(包括载荷的大小与性质、寿命长短、工作环境温度)设计满足客户要求的零件。

4) 由于理论分析模型很难将实际的工作条件都考虑进去,所以往往需要用一系列系数对理论计算结果进行修正;有些工作条件比较复杂,很难单纯用理论计算解决设计问题,此时往往要用到前人总结的经验或半经验公式。因此,对各种修正系数或者经验公式中的系数应了解其使用条件和应用范围。

5) 在设计的过程中,往往需要理论设计和结构设计交叉进行,否则有可能理论设计的零件不一定能够满足结构要求。

6) 理论设计和结构设计往往需要多次反复修改,以便尽可能达到最佳。

7) 用理论设计的方法计算出参数后,要尽可能套用与此相近的标准值或推荐值。

8) 在机器的设计中,结构设计往往比理论计算更重要,一个好的结构设计往往具有工艺性好、成本低等特点。因此在学习机械设计基础理论的同时,希望对结构设计给予足够的重视,这一点是和前期学习过的课程的不同之处。

9) 本课程有关设计型的习题答案一般不惟一,只要设计结果在许可的范围内都是合理的。

10) 尽量参加一些有关机械设计的实践工作。

第2章 机械设计总论

本章介绍机械设计的基本要求、一般过程及具体设计的有关问题,零件失效的常见形式和计算准则以及常用的机械零件设计方法;介绍机械零件的结构工艺性;明确零件材料的选用应从使用要求、工艺性及经济性等方面综合考虑;概述标准化的意义;介绍机械零件强度计算的一般理论及方法。在分析传统设计局限性的基础上,介绍了现代设计的思想和主要方法。本章的重点及难点是机械零件疲劳强度计算的理论和方法。

2.1 机械设计的基本要求

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,在市场竞争中取得优势,赢得用户,取得良好的社会经济效益。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、新工艺及新材料等的采用;努力提高产品的可靠性、经济性及安全性。以下是机械设计应满足的基本要求。

1. 社会需求

机械产品的设计总是以满足社会需求为前提,一项产品的性能应尽量满足用户的需求。产品应不断地更新改进,适应市场的变化,否则就会滞销、积压,造成浪费,影响企业的经济效益,严重时甚至导致企业的倒闭。所以,设计师必须确立市场观念,以社会需求、服务用户为最基本的出发点。

所谓需求,就是对功能的需求,用户购买产品就是购买产品的功能。产品的功能是与技术、经济等因素密切相关的。通常随着功能的增加,产品的成本也随之上升。所以设计师必须进行市场调查和用户访问,调研市场当前的需求并预测今后的需求,然后对产品进行功能分析,遵循保证基本功能,满足使用功能,剔除多余功能,增加新颖功能,提高功能价值,降低实现成本,力求提高产品的竞争力。

2. 可靠性的要求

可靠性(reliability)是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。这里所指的产品可以是零件、部件等,也可以是整机系统。规定条件是指对产品进行可靠性考核时所规定的使用条件 and 环境条件,包括载荷状况、工作制度、应力、强度、湿度、粉尘及腐蚀等,也包括操作规程、维修方法等。规定时间是指对产品可靠性考核时所规定的时间,包括运行时间、应力循环次数、行驶的里程等。规定功能是指对产品考核的具体功能。产品规定功能的丧失称为失效(failure);可修复的失效也称为故障(fault)。

可靠性是衡量产品质量的一个重要指标,提高产品可靠性的最有效方法是进行可靠性设计。设计者应从整机系统出发,对可能发生的故障和失效进行预测和分析,采取相应的预防措施;对整机系统可靠性有关键影响的零部件应进行可靠性分析和设计。

3. 经济性要求

提高产品的经济性,既是增加产品市场竞争力、赢得用户的需要,也是节约社会劳动、提高社会效益的需要。提高产品的经济性以寿命周期成本最低为目标,其主要途径有:

1) 在完成产品功能分析的基础上,通过创新构思、优化筛选得到最佳的功能原理方案。该方案在满足功能要求和可靠性要求的前提下,具有效率高、能耗低、成本低及易维修等特点。

2) 采用先进的现代设计制造方法,使设计参数最优化,达到尽可能精确的设计结果,保证机器的可靠性。尽可能地应用 CAD/CAM 技术,特别是先进制造技术,提高设计制造效率,降低设计制造成本。

3) 尽可能地采用新技术、新工艺、新结构和新材料。

4) 努力提高零部件结构的工艺性,使其用料少,易加工,易装配,生产率高,周期短,成本低。

5) 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件。

4. 安全性要求

机器的安全性包括两方面:

(1) 机器执行预期功能的安全性

机器执行预期功能的安全性,即机器运行时系统本身的安全性,如满足必要的强度、刚度、稳定性、耐磨性等要求。因此,在设计时必须按有关规范和标准进行设计计算。另外,为了避免机器由于意外原因造成故障或失效,常需要配置过载保护、安全互锁等装置。如:为了保证传动系统在过载时不致损坏,常在传动链中设置安全离合器或安全销。又如:为保证机器安全运行,离合器与制动器必须设计成互锁结构,即离合器与制动器不能同时工作。

(2) 人一机—环境系统的安全性

机器是为人类服务的,同时它又在一定的环境中工作,人、机、环境三者构成一个特定的系统。机器工作时不仅机器本身应具有良好的安全性,而且对使用机器的人员及周围的环境也应有良好的安全性。

5. 其他专用要求

对于不同的机器还有一些特有的要求。例如:对机床有长期保持精度的要求;对飞机有质量小、飞行阻力小而运载能力大的要求;对大型机器有便于运输的要求;对食品及纺织机械有防污染的要求等。设计机器时,在满足前述共同基本要求的前提下,还应着重满足这些特殊要求,以提高机器的使用性能。

2.2 机械设计的主要内容和一般步骤

2.2.1 机械设计的主要内容

明确机器的用途和功能以后,在调查研究国内外有关情况和资料的基础上,就可以着手进行设计工作,其主要内容是:确定机器的工作原理;进行运动和动力计算;零部件的工作能力计算;绘制总装配图以及零部件图等。

机械设计过程实际上是一个发现矛盾、分析矛盾和处理矛盾的过程。例如,要求机器零部件强度大、刚性好和要求机器重量轻的矛盾,加工、装配精度高和制造成本低的矛盾等。设计者应

尽可能地运用现代科技的最新成果,抓住主要矛盾,恰如其分地处理好各种次要矛盾,才能设计出高质量的机器。

2.2.2 机械设计的一般步骤

一部新机器从设计到使用,要经过调查研究、设计、制造和运行考核等一系列过程。机械产品设计的过程是一个复杂的过程,不同类型的产品、不同类型的设计,其产品的设计过程不尽相同。产品的开发设计过程大致包括规划设计、方案设计、技术设计、零部件设计及改进设计等五个阶段,如图 2.1 所示。

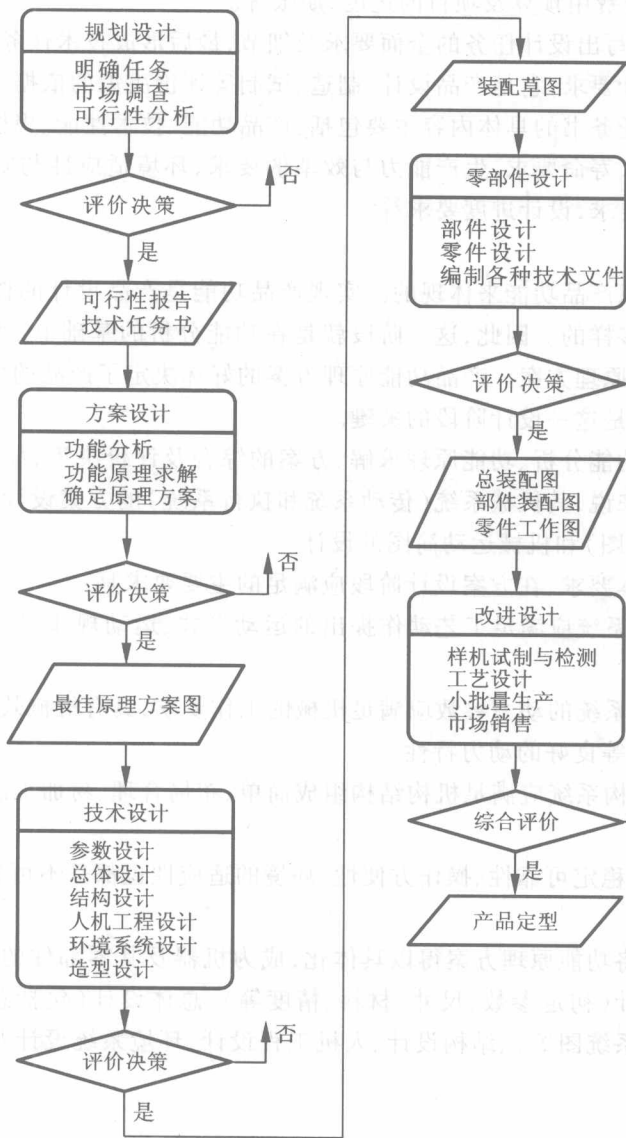


图 2.1 机械设计的一般步骤