

21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

机械设计 基础

JIXIE SHEJI JICHU

陈霖 甘露萍 主编

- 减少理论计算推导
- 强调机械基础知识
- 突出基本技能训练



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列

21世纪高等职业教育机电类规划教材
21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

机械设计 基础

JIXIE SHEJI JICHU

陈霖 甘露萍 主编



人民邮电出版社
北京



精品系列

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 陈霖, 甘露萍主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008. 11
21世纪高等职业教育机电类规划教材
ISBN 978-7-115-18838-0

I. 机… II. ①陈…②甘… 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145536号

内 容 提 要

本书根据高等职业教育的特点, 将工程力学、机械原理及机械零件的相关内容进行有机整合, 从实用的角度出发介绍机械设计的基础知识。全书分为9章, 包括机械设计基础、理论力学基础、材料力学基础、常用机构、挠性传动、齿轮传动和蜗杆传动、机械连接与螺旋传动、轮系、轴系零部件等。全书突出重点知识, 强化职业技能训练, 既方便高等职业院校教师教学, 又方便学生学习。

本书可作为高职高专、高级技校、技师学院的机电、数控、模具、汽车等专业的基础课教材, 也可作为机械工程技术人员的参考用书。

21 世纪高等职业教育机电类规划教材

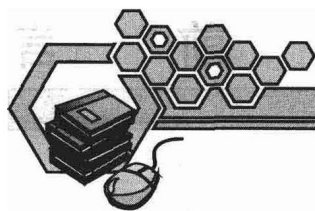
机械设计基础

-
- ◆ 主 编 陈 霖 甘露萍
责任编辑 潘春燕
执行编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京楠萍印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.25
字数: 410千字
印数: 1—3 000册
 - 2008年11月第1版
2008年11月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-18838-0/TN

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



丛书前言

目前, 高职高专教育已经成为我国普通高等教育的重要组成部分。在高职高专教育如火如荼的发展形势下, 高职高专教材也百花齐放。根据教育部发布的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(简称 16 号文) 的文件精神, 本着为进一步提高高等职业教育教学质量和服务的基本原则, 同时针对高职高专院校机电一体化、数控、模具类专业教学思路和方法的不断改革和创新, 人民邮电出版社精心策划了这套高质量、实用型的教材——“21 世纪高等职业教育机电类规划教材”。

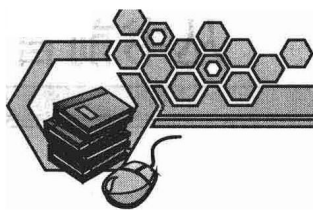
本套教材主要遵循“以就业为导向, 工学结合”的原则, 以实用为基础, 根据企业的实际需求来进行课程体系设置和相应教材内容的选取, 注重和提高案例教学的比重, 突出培养机械类应用型人才解决实际问题的能力, 满足高等职业教育“社会评估”的教学特征。本套教材中的每一部作品都特色鲜明, 集高质量与实用性于一体。

本套教材中绝大多数品种是我社多年来高职高专机电类精品教材的积淀, 经过了广泛的市场检验, 赢得了广大师生的认可。为了适应新的教学要求, 紧跟新的技术发展, 我社再一次进行了广泛深入的调研, 组织了上百名教师、专家对原有教材做了认真的分析和研讨, 在此基础上重新修订出版。本套教材中还有一部分品种是首次出版, 其原稿也在教学过程中多次使用, 是教师们多年来教学经验的总结, 集中反映了高等职业教育近几年来教学改革成果。

本套教材的作者都具有丰富的教学经验和写作经验, 思路清晰, 文笔流畅。教材编写充分体现了高职高专教学的特点, 深入浅出, 言简意赅。理论知识以“够用”为度, 突出工作过程导向, 突出实践技能的培养。

本套教材配套的教学辅助包充分利用现代技术手段, 提供丰富的教学辅助资料, 其中包括由电子教案、实例素材、习题库及答案、试卷及答案等组成的一般教辅资料, 部分教材配有由图片、动画或视频等组成的电子课件。

我们期望, 本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的编写中来。对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教育出版分社联系, 联系方式: 010-67170985, maxiaoxia@ptpress.com.cn。



前 言

高等职业教育的培养目标是具备工程实践能力的一线工程技术人员,相应的教材等也需要进行适应性改革,以更实用的教学内容和更好的教学材料,提高学生的学习效果。据此,本书作者经过与多所高职院校教师的深入讨论,对原有内容进行了有机整合,降低理论难度,丰富实践内容,以实用、够用为目的,最终编写成本书。

本书针对高职高专学生的学习特点,从工程应用的角度出发,在内容的选择和讲解方面,以当前高等职业院校学生就业技能实际需求以及学生对相关知识的实际接受能力为依据,努力体现针对性和实用性,以适应当前职业教育发展的需要。与目前教材市场上的其他同类教材相比,本书具有以下特点。

(1) 知识点完整。本书全面讲述了机械设计的基础知识,包括从机械结构的受力分析到典型机构的应用和设计等,并且适当控制好难度,讲解深入浅出,以学生易于接受的方式,使学生获得一个完整的知识体系。

(2) 重点突出。在讲述机械设计基础的各个具体知识点时,力求简化理论推导,重点突出机械零件、机构的应用及其设计方法的介绍,并配有大量的图例,让学生易学、易懂。

(3) 实践性强。为培养高职高专学生的动手能力,加强职业技能训练,本书在相关章节安排了案例分析以及例题解析,以帮助读者更好地对所学知识进行总结和消化。

(4) 素材丰富。本教材针对主要的知识点和较难理解的内容提供了丰富多彩的动画演示、视频录像及虚拟实验,这样不但可以提高课堂教学效果,而且能有效激发学生学习兴趣。另外,为方便教师教学,本书还提供了相应的电子课件、题库系统以及习题答案,教师可登录人民邮电出版社教学服务与资源网(<http://www.ptpedu.com.cn>)下载。

教师在讲授本教材内容时,各个学校可根据本校具体的教学计划和教学条件等实际情况,对书中内容有针对性地进行选择,对相应的学时进行适当的增减。以下是建议学时分配表、实习和实验项目,各学校可根据实际条件选择安排。

建议学时分配表

内 容	讲授课时	习题课时	内 容	讲授课时	习题课时
第1章 机械设计基础	2		第6章 齿轮传动和蜗杆传动	10	2
第2章 理论力学基础	6	2	第7章 轮系	4	
第3章 材料力学基础	6	2	第8章 机械连接及螺旋传动	6	2
第4章 常用机构	8	2	第9章 轴系零部件	6	2
第5章 挠性传动	4				
总学时	64				

本书在编写过程中参考了一些相关资料,在此谨对其作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

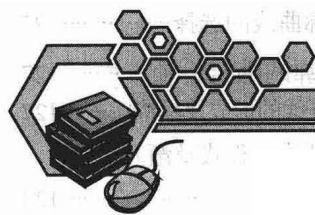
2008年8月

本书素材列表

素材类型	名 称	功 能 描 述
PPT 课件	PPT 课件一套	供老师上课用
虚拟实验	机械构件展示系统	本系统主要用于展示常用的机械零部件以及机构的外观、构成以及工作特性等。学生首先从构件大类中选取构件类型,随后进入构件列表,选取具体零部件或构件,对选取的零部件或构件可以通过鼠标操作旋转、缩放和移动对象,从最佳角度观察模型上的重要细节。对于各种机构和运动副,还可以查看其运动过程的仿真动画,观察其工作原理,同时还可以隐藏选定的零件,查看其装配关系。该系统可以帮助学生建立对各种机械模型的直观印象,节省实物模型所需的经费和场地开支,成本低,教学效果良好。
题库系统	机械设计基础题库系统一套	可以自动生成试卷和试卷答案,老师可随意修改或添加试题
第 1 章 动画	机械的构成及其工作原理 认识现代设计方法	双转块机构的工作原理 偏心轮机构的工作原理
第 2 章 动画	力的平行四边形法则及案例	牛头刨床的工作原理
	物体的受力分析案例	双曲柄机构的工作原理
	约束的种类及特点	四杆机构演化形式 1
	约束与约束力	四杆机构演化形式 2
	作用力与反作用力	四杆机构演化形式 3
	力矩和力偶	四杆机构演化形式 4
	平面汇交力系的简化案例	凸轮机构的种类及其应用
	平面任意力系的简化案例	凸轮机构推杆的主要形式
	平面汇交力系的平衡案例	凸轮机构的封闭形式
	综合案例 1	凸轮轮廓设计典型案例
第 3 章 动画	综合案例 2	棘轮机构的构成和工作原理
	拉伸与压缩变形	双向棘轮机构的工作原理
	拉伸与压缩典型计算案例	外摩擦式棘轮机构工作原理
	剪切与挤压变形	槽轮机构的工作原理
	剪切与挤压典型计算案例	电影放映机的工作原理
	梁的纯弯曲	蜂窝煤制作机工作原理
	梁的纯弯曲计算典型案例	不完全齿轮机构的工作原理
	圆轴的扭转	机构的组合设计
	圆轴扭转计算典型案例	机构的变速原理
	内力和应力	机构的换向原理
第 4 章 动画	组合变形的典型计算案例	蒸汽机的工作原理
第 6 章 动画		渐开线齿轮连续传动的条件
		渐开线齿轮传动的受力分析
		齿轮的主要失效形式
		齿轮传动强度校核典型案例
		根切现象产生的原因
		齿轮的铣削加工原理
		齿轮的插齿加工原理
		齿轮的滚齿加工原理
		蜗杆蜗轮啮合传动原理
		普通圆柱蜗杆的结构
第 6 章 录 像 素材		蜗杆传动的受力分析
		齿轮的铣削加工 插齿加工
第 7 章 动画		轮系的分类及其应用
		三星轮换向机构
		使用轮系实现分路传动
		汽车差速器原理
		定轴轮系的计算案例
		周转轮系的计算案例
		复合轮系的计算案例
		行星轮系的工作原理
		螺纹的种类和用途
		螺纹联接的预紧和防松
第 8 章 动画		

续表

第 3 章 动画	压杆的稳定的典型计算案例	第 5 章 动画	带传动的工作原理	第 8 章 动画	螺纹自锁的形成原因
	材料的力学性能及其影响因素		带的弹性滑动与打滑		认识螺纹摩擦角
	材料强度校核的典型计算案例		带传动的受力分析		矩形螺纹受力分析
	综合实例 1		带传动设计案例		螺纹联接强度校核案例
	综合实例 2		带轮的结构及选择		螺旋机构的工作原理
第 4 章 动画	运动副的种类及特点	第 5 章 动画	链传动的工作原理	第 8 章 录像 素材	认识键联接
	复合铰链及其自由度计算		链轮的齿形设计		认识销联接
	局部自由度及其自由度计算		链轮的结构及选择		认识花键联接
	虚约束及其自由度计算		滚子链的结构		认识螺纹联接
	平面机构的自由度分析典型案例		链传动设计案例		认识螺旋机构
	铰链四杆机构的构成及特点	第 5 章 录像 素材	带传动和链传动的张紧原理	第 9 章 动画	传动轴的种类及其应用
	机构的急回特性		带传动的应用		轴的结构设计案例
	机构的压力角和传动角		链传动的应用		轴的强度计算案例
	机构的死点	第 6 章 动画	渐开线的形成及其特性		滚动轴承的种类及其应用
	曲柄摇杆机构		齿轮的齿数和模数		联轴器的工作原理
	飞剪的工作原理		齿轮的齿顶高和齿根高		离合器的工作原理
	搅拌机的工作原理		齿轮的压力角	第 9 章 录像 素材	认识传动轴
	惯性振动筛的工作原理		齿轮的中心距及啮合角		认识滚动轴承
	机车车轮联动机构的工作原理		渐开线直齿圆柱齿轮的构成		认识联轴器
	车门启闭系统的工作原理		齿轮传动的类型和特点		认识离合器
	双摇杆机构的工作原理		齿轮的啮合传动原理		减速器的拆装
	双滑块机构的工作原理		渐开线齿廓的啮合特性		



目 录

第 1 章 机械设计基础概论	1	3.2.2 拉(压)杆的强度计算	38
1.1 课程性质和任务	1	3.2.3 拉(压)杆件的变形与 胡克定律	39
1.2 初识机械设计	2	3.3 剪切与挤压	41
1.3 机械零件的失效形式及 设计准则	4	3.3.1 受力和变形特点	41
1.4 机械零件的设计步骤	6	3.3.2 剪切实用计算	42
1.5 课程学习的方法和目的	6	3.3.3 挤压实用计算	42
小结	7	3.4 圆轴的扭转	43
习题	7	3.4.1 受力和变形特点	44
第 2 章 理论力学基础	8	3.4.2 外力偶矩、扭矩和扭 矩图	44
2.1 静力学基础	9	3.4.3 圆轴扭转时的应力强度 计算	46
2.1.1 力的基本概念	9	3.4.4 知识拓展——材料失效与 强度设计准则	48
2.1.2 约束与约束力	10	3.5 梁的弯曲	51
2.1.3 受力分析与受力图	14	3.5.1 受力特点与变形特点	51
2.1.4 物体系的受力分析	15	3.5.2 梁的内力——剪力与弯矩	52
2.2 平面汇交力系	17	3.5.3 梁的纯弯曲	53
2.2.1 平面汇交力系的概念	17	3.6 组合变形和压杆稳定	58
2.2.2 平面汇交力系的简化	18	3.6.1 组合变形的基本原理	59
2.2.3 平面汇交力系的平衡	19	3.6.2 组合变形的计算	59
2.3 力矩与力偶	20	3.6.3 压杆稳定性的概念	60
2.3.1 力矩	20	3.6.4 压杆的稳定计算	61
2.3.2 力偶	21	小结	63
2.4 平面任意力系	23	习题	63
小结	29	第 4 章 常用机构	65
习题	30	4.1 平面机构的结构分析	66
第 3 章 材料力学基础	32	4.1.1 机构的组成	66
3.1 工程材料基本力学性能	33	4.1.2 机构运动简图	69
3.1.1 材料力学的基本理论	33	4.1.3 机构具有确定运动的条件	70
3.1.2 内力和应力的概念	34	4.2 平面连杆机构	73
3.1.3 变形和应变	36	4.2.1 铰链四杆机构的基本形式	73
3.1.4 材料的力学性能	37		
3.2 拉伸与压缩	37		
3.2.1 受力和变形特点	37		



4.2.2 铰链四杆机构存在曲柄的条件	76	6.2.2 齿廓曲线的选择	127
4.2.3 平面四杆机构的基本特性	77	6.3 渐开线齿廓的啮合性质	127
4.2.4 铰链四杆机构的演化形式	80	6.3.1 渐开线的形成及其特性	127
4.2.5 平面四杆机构的设计	83	6.3.2 渐开线方程式及渐开线函数	128
4.3 凸轮机构	84	6.3.3 渐开线齿轮齿廓的啮合特性	129
4.3.1 凸轮机构的组成	84	6.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的结构	129
4.3.2 凸轮机构的类型	85	6.4.1 渐开线直齿圆柱齿轮各部分名称	130
4.3.3 从动件的常用运动规律	87	6.4.2 渐开线直齿圆柱齿轮的基本参数	131
4.3.4 按已知运动规律绘制凸轮轮廓	89	6.4.3 渐开线直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	133
4.3.5 凸轮机构设计中应注意的几个问题	92	6.4.4 齿条和内啮合齿轮的尺寸	134
4.4 间歇运动机构	94	6.5 渐开线齿轮正确啮合和连续传动的条件	135
4.4.1 棘轮机构	95	6.5.1 渐开线齿轮的正确啮合条件	135
4.4.2 槽轮机构	98	6.5.2 齿轮传动的中心距及啮合角	136
4.4.3 不完全齿轮机构	99	6.5.3 渐开线齿轮连续传动的条件	138
小结	100	6.5.4 齿轮的安装	138
习题	101	6.6 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	140
第5章 挠性传动	102	6.6.1 受力分析	140
5.1 带传动	103	6.6.2 轮齿的计算载荷	141
5.1.1 带传动的分类及应用	103	6.6.3 齿面接触疲劳强度计算	141
5.1.2 带传动的工作情况分析	105	6.6.4 齿根弯曲疲劳强度计算	142
5.1.3 V带的设计	107	6.6.5 齿轮传动的设计计算	143
5.1.4 V带传动的张紧、使用和维护	112	6.6.6 齿轮主要参数的选择	144
5.2 链传动	114	6.7 齿轮的切削加工	145
5.2.1 链传动的特点和分类	114	6.7.1 成形法	145
5.2.2 滚子链传动的设计方法	116	6.7.2 范成法	146
5.2.3 滚子链链轮	118	6.7.3 根切现象	147
5.2.4 链传动的使用与维护	119	6.8 其他常用齿轮传动	148
小结	121		
习题	121		
第6章 齿轮传动和蜗杆传动	123		
6.1 齿轮传动综述	124		
6.1.1 齿轮传动的特点	124		
6.1.2 齿轮传动的类型	125		
6.2 齿轮的齿廓曲线	126		
6.2.1 齿轮啮合的基本定律	126		



6.8.1 齿轮齿条传动	148	7.4.3 特殊行星传动简介	181
6.8.2 斜齿圆柱齿轮传动	149	小结	183
6.8.3 直齿圆锥齿轮传动	152	练习	183
6.9 齿轮传动的设计	153	第 8 章 机械连接及螺旋传动	185
6.9.1 齿轮的失效形式	153	8.1 键连接	186
6.9.2 齿轮的材料	156	8.1.1 平键连接	186
6.9.3 齿轮结构	157	8.1.2 半圆键连接	188
6.9.4 齿轮的精度和标注	157	8.1.3 楔键连接	188
6.9.5 齿轮的润滑	158	8.1.4 切向键连接	189
6.10 蜗杆传动	159	8.1.5 花键连接	190
6.10.1 初识蜗杆传动	159	8.1.6 键连接应用小结	190
6.10.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数	160	8.2 销连接	191
6.10.3 蜗杆传动回转方向的判别	161	8.2.1 销连接的种类和用途	191
6.10.4 蜗杆传动的正确啮合条件	161	8.2.2 销连接的应用	191
6.10.5 蜗杆、蜗轮的结构	162	8.3 螺纹连接	192
6.10.6 蜗杆传动的受力分析	163	8.3.1 螺纹的形成原理和种类	192
6.10.7 蜗杆蜗轮的失效形式与计算准则	163	8.3.2 螺纹副的受力分析、效率和自锁	194
6.10.8 蜗杆传动的润滑与热平衡	164	8.3.3 标准螺纹连接的种类和用途	196
小结	164	8.3.4 螺纹连接的预紧和防松	198
习题	165	8.3.5 螺纹连接的强度计算	201
第 7 章 轮系	166	8.4 螺旋传动	207
7.1 轮系的分类	167	8.4.1 螺旋传动的类型及应用	207
7.2 轮系的传动比计算	168	8.4.2 滑动螺旋传动的结构和材料	209
7.2.1 定轴轮系的传动比	169	8.4.3 滚动螺旋简介	210
7.2.2 周转轮系的传动比	173	小结	211
7.2.3 复合轮系的传动比	175	习题	212
7.3 轮系的功用	177	第 9 章 轴系零部件	213
7.3.1 实现分路传动	177	9.1 轴	214
7.3.2 实现变速与换向转动	177	9.1.1 轴的类型及设计要求	215
7.3.3 实现运动的合成与分解	178	9.1.2 轴的材料	216
7.3.4 实现大功率传递	179	9.1.3 轴的加工工艺性要求	217
7.4 轮系的设计	179	9.1.4 轴的结构设计	217
7.4.1 定轴轮系的设计	179	9.1.5 轴的强度校核计算	219
7.4.2 周转轮系的设计	180	9.1.6 轴的设计计算	221



9.2 轴承.....	223	9.3.2 离合器.....	244
9.2.1 滚动轴承.....	224	9.3.3 制动器.....	245
9.2.2 滑动轴承.....	237	小结.....	247
9.3 联轴器、离合器和制动器.....	241	习题.....	247
9.3.1 联轴器.....	241	参考文献.....	249

第1章

机械设计基础概论

随着机械化生产规模的日益扩大,制造、动力、冶金、石化、轻纺、食品等许多行业的工程技术人员,都会经常接触到各种类型的机械。要想解决实际工作中遇到的问题,就要对机械知识具备一定的基础。因此,机械设计基础如同其他应用技术一样,是相关专业的一门重要的技术基础课。

【学习目标】

- 了解机械和机械设计的基本概念。
- 掌握机械零件设计的基本准则和一般步骤。
- 掌握学习本课程的方法,了解学习本课程的目的。

1.1 课程性质和任务

机械设计基础主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。通过本课程的学习,可具备设计简单机械传动装置的能力,掌握设备的选购、正常使用和维护以及故障分析等方面的基本知识。

1. 课程性质

本课程是培养机械设计人才的重要入门课程,为以机械学为主干学科的各专业学生提供机械设计的基础知识、基础理论和基本方法的训练。

2. 课程任务

本课程的主要任务是通过理论学习和课程实训,使学生达到以下目标。

(1) 掌握机械的结构、运动特性和机械动力学的基础知识,为学生将来从事机械产品的设计、开发提供必要的理论知识。

(2) 掌握通用零件的工作原理、特点、维护和设计计算的基本知识。



(3) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料及编写设计说明书的能力。

1.2 初识机械设计

根据设计机器的使用要求, 确定机械结构设计, 选择适当材料, 确定合适的尺寸及精度, 制定先进的工艺, 从而实现一种新机器的创新构思, 这个过程就是机械设计。

1. 认识机械

在日常生活和工业生产中, 机械产品无处不在。我们骑的自行车、手腕上戴的机械手表、工厂里摆的机床设备、公路上跑的汽车, 这些都是典型的机械产品。随着现代科技的发展, 机械被赋予了越来越多的智能因素, 其中, 在当代制造业中大显身手的智能机器人就是最典型的代表。

观察下列图片, 说明机械与电气产品的区别。

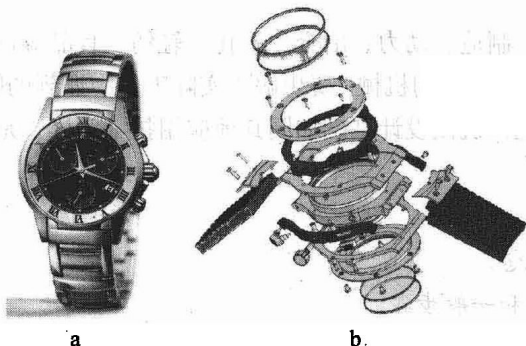


图 1-1 手表

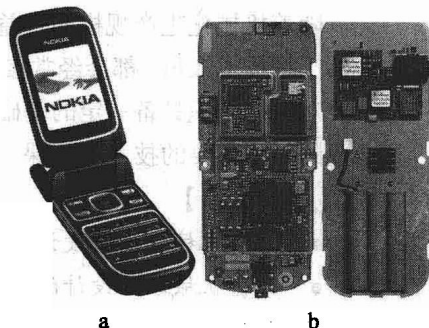


图 1-2 手机

机械是机器与机构的总称。机器是执行机械运动的装置, 用来变换或传递能量、物料或信息。机器种类很多, 一般来说, 机器具有如下 3 个特征。

- 构件的组合。
- 各部分组合之间具有确定的相对运动。
- 可以完成机械功或转换机械能与电能。

只具备前两个特征的构件组合, 通常称为机构。机构是由构件组成, 而且构件之间具有一定的相对运动关系。构件是机构运动分析的基本单元。

组成机器不可拆的基本单元称为机械零件 (简称零件), 如螺钉、键、销、齿轮、轴等。为了完成同一使命, 在结构上组合在一起, 并协同工作的零件称为部件, 如联轴器、轴承、减速器等。

在各种机器中普遍使用的零件为通用零件, 只在一定类型的机器中使用的零件称为专用零件。

机器种类繁多, 性能各异, 但就其功能而言, 机器主要是由 5 个部分组成, 如图 1-3 所示。

如图 1-4 所示为一辆汽车, 请同学们通过课堂讨论的形式分析其结构特点, 并尝试分析其主要功能。

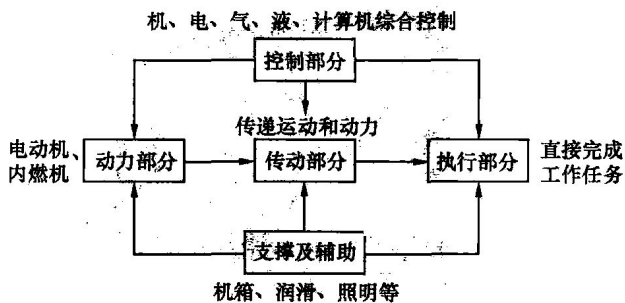


图 1-3 机器的组成

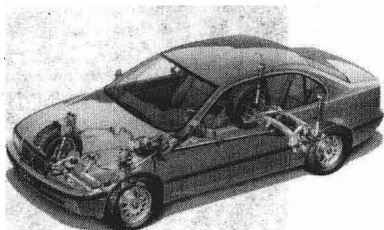


图 1-4 汽车

【分析】

(1) 该机器主要包括原动机、工作机构和传动机构。

(2) 原动机：为整个机器提供动力的部分，汽车的原动机为内燃机。常用的原动机包括电动机和内燃机，它可以把其他形式的能量转换为机械能，产生驱动力。

(3) 工作机构：是机械中直接产生工艺动作的部分，在汽车中为汽车的行驶机构等。

(4) 传动机构：是将原动机中的运动和动力准确传递到工作机构上的部分，在传递过程中还会根据需要，对运动的性质和速度进行变换。在汽车中有梯形四杆机构、差速器（轮系）等。

2. 认识设计

设计是为了满足某一特定要求而进行的创造过程。机械设计基础就是培养学生初步掌握机器设计能力的技术基础课。

传统的机械设计主要依靠试验，通过归纳总结的方法获得设计参数和经验公式，然后创建出机械模型。

随着科学技术的发展和进步，现代设计在广度和深度上都产生了根本的变化，设计者已经不再把主要精力放在繁琐的计算和推导上，也不再通过刻板枯燥的图纸来表达自己的设计思想，在现代机械设计中，使用的设计手段更加丰富，产品的更新周期更短，第一代产品问世不久，第二代和第三代产品就接踵而至。

总体来讲，现代设计具有以下特点。

(1) 重视产品的创新性

创新是现代设计的核心。现代设计不是对以前的产品进行简单的修补，而是打破传统观念，创造出具有特色的新产品。由于生产力的提高，现代社会产品非常丰富，一个好的产品除了要保证质量外，合理的设计也是至关重要的。

请对比图 1-5 和图 1-6 所示早期的黑白电视机和现在等离子彩色电视机在设计上的区别，然后思考现代设计的特点。

(2) 采用先进的设计手段

随着计算机技术的发展，计算机辅助设计（CAD）技术被广泛用于设计领域，这也是现代设计的重要标志。CAD 技术不但提高了设计质量，还大大提高了设计效率。同时，网络技术的发展，使得多人协同开发产品成为可能，这样可以实现资源共享，减轻设计者的负担，改变了“闭门造车”的落后设计方法。

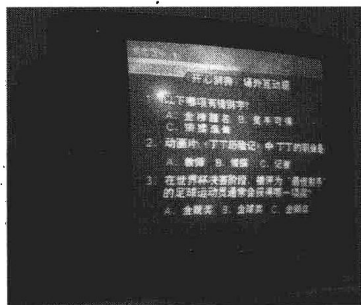


图 1-5 早期的黑白电视机

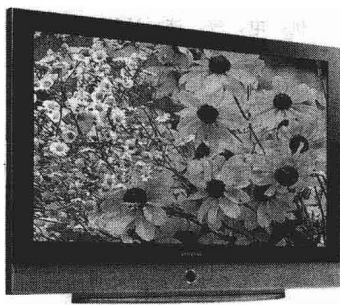


图 1-6 等离子彩色电视机

如图 1-7 和图 1-8 所示为使用 CAD 技术开发的模型。

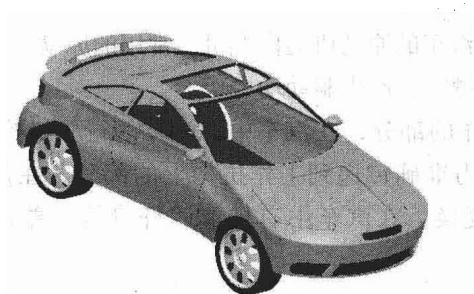


图 1-7 汽车模型



图 1-8 直升机模型

(3) 零部件设计的重要性

一般的大型机电产品由机械和电气两大系统组成。把机械分为部件单独进行设计和生产可提高生产效率和产品质量。零部件设计是机械设计的重要组成部分，是机械总体设计的基础，并可能对机械总体设计产生巨大的影响。

1.3 机械零件的失效形式及设计准则

一个机械零件可能有多种失效方式，防止失效是保证机械零件正常工作的主要措施。了解零件的失效形式，设计者在设计时就可以预先估计所设计零件可能的失效形式，从而用计算的方法使机械零件的工作负担控制在其承载能力允许范围之内，从而避免失效。计算所依据的条件称为设计准则。

1. 失效形式

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求，称为失效。失效并不意味着破坏。

常见的失效形式有：因强度不足而断裂；过大的弹性变形或塑性变形；摩擦表面的过度磨损、打滑或过热；连接松动；压力容器、管道等的泄漏；运动精度达不到要求等。

对于同一种零件，由于工作形式或环境的不同，其失效形式也是不同的。如齿轮的失效可能有：齿面粘着磨损和胶合、磨粒磨损；齿面疲劳点蚀和剥落；轮齿疲劳折断和过载折断；齿面或齿体塑性变形等。在开式传递中，齿轮的失效形式主要是齿面磨粒磨损；而在润滑良好的闭式传递中，疲劳点蚀则是主要失效形式。



2. 设计准则

机械零件虽然有很多失效形式,但归纳起来,最主要的是由于强度、刚度、耐磨性、温度对工作能力的影响及振动稳定性、可靠性等方面的问题。

(1) 强度

强度不足是零件在工作中断裂或产生过量残余变形的直接原因,一般来说,除了预定过载时应当断裂的安全装置中的零件外,其余所有的机械零件都应该满足强度条件。

提高零件的强度可以从结构和制造工艺两方面着手。如合理布置零件,减少所受载荷;降低载荷集中,均匀分布载荷;选用合理截面,减小应力集中;选用高强度的材料;适当增大零件的尺寸;采用改善材料力学性能的热处理等。

(2) 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。

例如,车床、铣床、磨床等金属切削机床的主轴在切削力作用下若产生过度弹性弯曲或扭转变形,将导致加工精度的下降以致于工件超差,故对这类机床的主轴在其满足强度的同时还需进行刚度计算。

机床床身也应有足够刚度,以保证整机的稳定性和精度。

所以需将零件工作时的弹性变形限制在一定的范围内,如果弹性变形影响机器正常工作时,需进行刚度校核。通常对于精密机械中的主要零件需考虑刚度要求。

(3) 耐磨性

相互接触且有相对运动的两个机械零件表面之间,因摩擦的存在会导致零件表面材料的逐渐损失,这称为磨损。

据统计,机械零件的报废约80%是由磨损造成的。零件的磨损可分为跑合磨损阶段、稳定磨损阶段和剧烈磨损阶段。

在新机器正式投入使用之前,逐级施加小于额定工作载荷的轻载荷,使机器作短期试运转,以达到消除切削加工刀痕、减小运动副表面粗糙度的良好效果;经跑合的零件在工作寿命期限内将长期维持缓慢而平稳的正常运转状态;此后零件的磨损速度将变快,因相对运动表面的破坏和间隙增大而引起额定的动载荷,出现噪声和振动,导致机器无法正常工作。

提高零件表面质量或硬度、采取良好润滑措施等可以提高零件的耐磨性。此外,零件的磨损与环境也有关,在工作中应加以注意。

(4) 振动稳定性

零件发生周期弹性变形的现象称为振动。振幅和频率是描述振动现象的两个参数。随着现代机器工作速度的不断提高,容易使机器出现振动问题,影响工作质量。

振幅尺寸虽然很小,但当机器或零件的自振频率与周期性外力的变化频率相等或接近时,就要出现共振。这时,振幅将急剧增大,这种现象称为失稳,即丧失振动稳定性。共振在短期内使零件损坏,因此对零件或机器来说,为保证振动稳定性,应避开在邻近共振频率区域内工作。

引起振动的周期性外力有:往复运动零件产生的惯性力和摆动零件产生的惯性力矩;转动零件的不平衡产生的离心力;周期性作用的外力。

减轻振动可以采取下列措施:对转动零件进行平衡;利用阻尼作用消耗引起振动的能量;设置隔振零件(如弹簧、橡胶垫等)。



(5) 可靠性

按传统强度设计方法设计的零件,由于材料强度、外载荷和加工尺寸等存在离散性,有可能出现达不到预定工作时间而失效的情况,因此,希望将出现这种失效情况的概率限制在一定程度之内,这就是对零件提出的可靠性要求。

可靠性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。

可靠度是指产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的概率。

例如,对于总数为 $N=1\,000$ 的一批相同型号的滚动轴承,在相同的环境和载荷条件下,进行疲劳试验,经过一段时间(也就是轴承寿命)的运转后,其中有 100 件疲劳失效,而其余的 900 件仍可以继续正常工作,说明该型号轴承的可靠度为 90%。

(6) 标准化

是指零件的特征参数及其结构尺寸、检验方法和制图等规范要求。标准化是缩短产品设计周期、提高产品质量和生产效率、降低生产成本的重要途径。

(7) 其他要求

设计机械零件时在满足上述要求的前提下,还应力图减小其质量,以减少材料消耗和惯性载荷,提高经济效益。还需考虑诸如耐高温或低温、耐腐蚀、表面装饰和造型美观等要求。

1.4 机械零件的设计步骤

机械设计应满足的要求是:在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低,在预定使用期限内安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。

机械零件的设计常按以下步骤进行。

(1) 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案,确定零件的载荷。

(2) 根据材料的力学性能、物理性质、经济因素及供应情况等选择零件的材料。

(3) 根据零件工作能力准则,确定零件的主要尺寸,并加以标准化或圆整。

(4) 根据确定的主要尺寸并结合结构和工艺上的要求,绘制零件的工作图。

(5) 零件工作图是制造零件的依据,故应对其进行严格的检查,以提高工艺性,避免差错,造成浪费。

1.5 本课程学习的方法和目的

机械设计基础是一门综合性、实践性很强的设计课程,因此同学们在学习中必须根据本课程的特点,尽快完成由单科向综合、由抽象向具体、从理论到实践的思维方式的转变。

1. 学习方法

为了帮助同学们学习好本课程,特提出以下几点建议。

(1) 努力领会课本上所讲述知识的内涵。同学之间多讨论,有疑问多向老师请教,带着兴趣去学习。

(2) 随时观察周围的事物,把书本上的知识与实际相结合,将理论和实践融会贯通,这有助于更好地掌握理论知识。