



普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编 田亚平 李爱姣



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编 田亚平 李爱姣

内 容 提 要

“机械设计基础”是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的专业基础课程。为适应能源、动力、交通、材料、自动控制、生物化工、信息工程、光电、环境、石油、土建、轻纺、食品工业等非机械类专业对现代机电产品中机构设计与选型及常用零部件设计与计算方面的要求，培养学生的创新意识和工程设计能力，本书分 17 章从机械设计的总体要求、材料特性、机构工作原理、传动零部件设计、连接零部件设计、轴系零部件设计及减速器课程设计等方面详细阐述了机械设计的一般规律和思路、设计的基本知识、基本理论和设计方法。

本书可作为高等工科大学非机械类各专业 64 学时左右的机械设计基础课程的教材，也可供有关工程技术人员参考和自学。

图书在版编目（C I P）数据

机械设计基础 / 田亚平, 李爱姣主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2015. 2
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2900-7

I. ①机… II. ①田… ②李… 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(2015)第020878号

策划编辑：宋俊娥 责任编辑：宋俊娥 加工编辑：宋 杨 封面设计：李 佳

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 机械设计基础
作 者	主 编 田亚平 李爱姣
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 16.5 印张 410 千字
版 次	2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

“机械设计基础”是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的重要专业基础课程。本书针对“十二五”科学技术的发展规划要求，现代机电产品设计中具有创新精神人才的需要，为适应能源、动力、交通、材料、自动控制、生物化工、信息工程、光电、环境、石油、土建、轻纺、食品工业等非机械类专业对现代机械设计中机构设计与选型及常用零部件设计与计算方面的知识要求，从提高学生的创新设计能力入手，加强工程设计和实践内容，注重设计技能的基本训练，由专业教育转向通识教育，拓宽学生的知识面，全面提高学生的综合素质。

本书在教学体系与内容上进行系统改革，从整个机械系统下手，着重培养学生的创新设计能力，提高学生的独立工作和解决实际问题的能力。在内容编排上，遵从由浅入深的认识规律，采取突出重点、照顾知识面的原则，注意共性与特性的分析，将涉及内容和设计方法有机地融合，加强结构设计的训练，从而使學生既能掌握本课程的核心内容，又有利于培养学生的创新意识和工程设计能力。同时，本书在文字叙述上力求简明扼要、通俗易懂，以适应各专業學生对本课程学习的需要。

本书由田亚平、李爱姣担任主编。绪论和第1~7章由李爱姣编写，第10章和第16章由汪诤编写，其余部分由田亚平编写。在本书的编写过程中，兰州交通大学机电工程学院机械设计的赵军、牛卫中、刘艳妍、洪涛、边红丽、潘丽华、张强、石慧荣老师给予了热情鼓励与大力支持，并对本书提出了许多宝贵的意见和建议。甘肃省经济学校的康军凤老师对书中的文字和公式进行了详细校正。在出版过程中，中国水利水电出版社的领导和编辑给予了很大支持与帮助，并付出了辛勤劳动，编者在此向他们表示诚挚的谢意！

本书由兰州交通大学机电工程学院院长石广田教授审阅，在此致以衷心的感谢。

限于编者水平，书中错误和不当之处在所难免，恳请各位专家和广大读者批评指正。

编 者
2014年12月

目 录

前言

第一篇 机械设计总论

绪论	1	二、机械设计的一般程序	6
§ 0-1 本课程研究的对象和内容	1	§ 1-2 机械零件的设计准则及设计步骤	7
一、机器	1	一、机械零件的主要失效形式	8
二、机构	2	二、机械零件的设计准则	8
三、构件、零件和部件	3	三、机械零件的设计步骤	12
四、机器的组成	3	§ 1-3 机械零件的常用材料及其选择	12
§ 0-2 本课程的性质和任务	5	一、机械零件的常用材料	12
一、本课程的性质和任务	5	二、钢的热处理	17
二、本课程的学习方法	5	三、机械零件材料的选择原则	18
习题	5	§ 1-4 机械零件的工艺性和标准化	19
第 1 章 机械设计的基础知识	6	一、机械零件的工艺性	19
§ 1-1 机械设计的基本要求和一般程序	6	二、机械零件设计中的标准化	20
一、机械设计的基本要求	6	习题	20

第二篇 常用机构设计

第 2 章 平面机构的结构分析	21	§ 3-2 平面四杆机构的基本形式及其应用	32
§ 2-1 平面机构的组成	21	一、曲柄摇杆机构	33
一、运动副及其分类	21	二、双曲柄机构	33
二、平面机构的组成	23	三、双摇杆机构	34
§ 2-2 平面机构的运动简图	23	§ 3-3 平面四杆机构的演化	35
一、平面机构运动简图的定义	23	一、改变相对杆长、转动副演化为移动副	35
二、机构运动简图中的常用符号	23	二、改变构件的形状和相对尺寸	36
三、机构运动简图的绘制	24	三、选取不同构件为机架	37
§ 2-3 平面机构的自由度	26	§ 3-4 平面四杆机构有曲柄的条件及 运动特性	40
一、平面机构的自由度计算公式	26	一、平面四杆机构有曲柄的条件	40
二、机构具有确定运动的条件	26	二、急回特性	41
三、计算平面机构自由度时要注意的问题	27	三、死点	42
习题	31	* § 3-5 平面四杆机构设计简介	44
第 3 章 平面连杆机构	32	一、平面四杆机构设计的基本问题	44
§ 3-1 平面连杆机构及其传动特点	32		

二、图解法设计四杆机构	44	§ 5-7 斜齿圆柱齿轮机构	76
三、解析法设计四杆机构	46	一、斜齿圆柱齿轮齿廓的形成及啮合特点	76
四、实验法设计四杆机构	47	二、斜齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	77
习题	48	三、斜齿圆柱齿轮的啮合传动	79
第 4 章 凸轮机构	50	四、斜齿圆柱齿轮的当量齿轮和当量齿数	80
§ 4-1 凸轮机构的应用和分类	50	五、斜齿轮传动的优缺点	80
一、凸轮机构的应用	50	§ 5-8 直齿锥齿轮机构	81
二、凸轮机构的分类	51	一、直齿锥齿轮齿廓的形成	82
三、凸轮机构的特点	53	二、直齿锥齿轮的背锥和当量齿数	82
§ 4-2 从动件的常用运动规律	53	三、直齿锥齿轮的几何尺寸计算	83
一、凸轮机构的运动循环及基本名词术语	53	§ 5-9 蜗杆蜗轮机构	84
二、从动件常用的运动规律	54	一、蜗杆传动的特点及其类型	84
§ 4-3 图解法设计盘形凸轮轮廓曲线	56	二、蜗杆蜗轮的正确啮合条件	85
一、凸轮轮廓曲线的设计原理	56	三、蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	85
二、直动从动件盘形凸轮轮廓线的绘制	57	四、蜗杆传动的几何尺寸计算	87
三、摆动从动件盘形凸轮轮廓线的绘制	59	§ 5-10 轮系的分类	87
* § 4-4 设计凸轮机构应注意的问题	60	一、定轴轮系	88
一、合理选择滚子的半径	60	二、周转轮系	88
二、基圆对凸轮机构的影响	61	三、复合轮系	89
习题	61	§ 5-11 轮系传动比的计算	89
第 5 章 齿轮机构和轮系	63	一、定轴轮系的传动比	89
§ 5-1 齿轮机构的特点及类型	63	* 二、周转轮系的传动比	91
一、齿轮机构的特点	63	§ 5-12 轮系的功用	93
二、齿轮机构的类型	63	一、获得大的传动比	93
* § 5-2 齿廓啮合的基本定律	64	二、实现远距离传动	93
§ 5-3 渐开线及渐开线齿轮	65	三、实现变速换向传动	93
一、渐开线的形成及其特性	65	四、实现运动的合成与分解	94
二、渐开线齿轮的啮合特点	66	五、实现分路传动	95
§ 5-4 渐开线标准齿轮的基本参数及几何尺寸	67	习题	96
一、齿轮各部分的名称和符号	67	第 6 章 间歇运动机构	98
二、渐开线齿轮的基本参数	68	§ 6-1 槽轮机构	98
三、标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	69	一、槽轮机构的结构和工作原理	98
§ 5-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	70	二、槽轮机构的类型、特点及应用	99
一、渐开线齿轮的正确啮合条件	70	§ 6-2 棘轮机构	99
二、齿轮连续传动的条件及重合度	71	一、棘轮机构的结构和工作原理	99
§ 5-6 渐开线齿廓的切制原理和根切现象	72	二、棘轮机构的类型、特点	100
一、轮齿的切削加工方法	72	三、棘轮机构的应用	101
二、根切现象及避免根切的方法	75	§ 6-3 不完全齿轮机构	102

§ 6-4 凸轮间歇运动机构	102
一、圆柱凸轮式间歇运动机构	103
二、蜗杆凸轮式间歇运动机构	103
习题	103
第 7 章 机械的平衡与调速	104
§ 7-1 机械的平衡	104
一、机械平衡的目的	104

二、转子的静平衡	104
三、转子的动平衡	105
§ 7-2 机械的运转及速度波动	106
一、机械的运转过程	106
二、调节机械速度波动的目的与方法	107
三、飞轮设计的基本原理	108
习题	110

第三篇 机械传动

第 8 章 带传动和链传动	111
§ 8-1 带传动的特点及应用	111
一、带的工作原理和特点	111
二、带传动的主要形式	112
三、带的类型和结构	112
§ 8-2 带传动工作情况分析	114
一、带传动的受力分析	114
二、带的应力分析	115
三、带的弹性滑动	116
§ 8-3 普通 V 带传动的设计计算	117
一、设计准则和单根 V 带的基本额定功率	117
二、V 带传动的设计步骤及方法	119
§ 8-4 V 带轮设计	122
一、V 带轮设计的要求和材料	122
二、带轮结构与尺寸	122
§ 8-5 V 带传动的张紧装置	123
一、张紧力	123
二、张紧装置	124
三、带传动的维护	124
§ 8-6 链传动的特点及应用	126
§ 8-7 传动链的结构特点	127
一、链的种类和结构	127
二、链轮	129
§ 8-8 链传动的主要参数及其选择	130
§ 8-9 滚子链传动的计算	131
一、链传动的失效形式	131
二、链传动的额定功率和润滑方式	131
三、链传动的设计过程	133

§ 8-10 链传动的布置、张紧和润滑	133
一、链传动的布置和张紧	133
二、链传动的润滑和维护	134
习题	135
第 9 章 齿轮传动设计	137
§ 9-1 齿轮传动的失效形式及设计准则	137
一、齿轮传动的概述	137
二、齿轮的主要失效形式	137
三、齿轮的设计准则	139
§ 9-2 齿轮的材料和精度及其选择	139
一、齿轮常用的材料	139
二、齿轮材料的选择原则	140
三、齿轮传动精度的选择	141
§ 9-3 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	142
一、齿轮受力分析	142
二、计算载荷	142
三、齿根弯曲疲劳强度计算	143
四、齿面接触疲劳强度计算	145
五、齿轮传动强度计算说明	146
§ 9-4 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	148
一、作用力分析	148
二、齿面接触疲劳强度计算	148
三、轮齿的弯曲疲劳强度计算	149
§ 9-5 直齿锥齿轮传动的强度计算	151
一、直齿锥齿轮作用力的分析	151
二、直齿锥齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算	152
三、直齿锥齿轮轮齿的弯曲疲劳强度计算	153

§ 9-6 齿轮传动的润滑和结构设计	154	四、蜗轮轮齿表面的强度计算	160
一、齿轮传动的润滑设计	154	五、普通圆柱蜗杆传动的精度等级及其 选择	161
二、齿轮的结构设计	155	§ 10-2 普通蜗杆传动的效率、润滑及热 平衡计算	162
习题	157	一、蜗杆传动的效率	162
第 10 章 蜗杆传动	158	二、蜗杆传动的润滑	162
§ 10-1 普通蜗杆传动的承载能力计算	158	三、蜗杆传动的热平衡计算	163
一、蜗杆传动类型概述	158	§ 10-3 圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计	164
二、蜗杆传动的失效形式、设计准则及 常用材料	158	习题	167
三、蜗杆传动的受力分析	159		

第四篇 机械连接

第 11 章 螺纹连接	168	一、螺纹连接件的材料	181
§ 11-1 螺纹的基本参数	168	二、螺纹连接件的许用应力	182
一、螺纹的形成及分类	168	§ 11-7 螺纹连接件的尺寸参数	183
二、螺纹的主要参数	169	习题	188
§ 11-2 螺纹连接的类型和标准连接件	170	第 12 章 轮毂连接	190
一、螺纹连接的类型	170	§ 12-1 键连接	190
二、标准螺纹连接件	172	一、键连接的功能、分类、结构形式及 应用	190
§ 11-3 螺旋副中力的关系、效率和自锁	173	二、键的选择和键连接的强度计算	192
§ 11-4 螺纹连接的预紧和防松	174	§ 12-2 花键连接	193
一、螺栓的预紧	174	§ 12-3 无键连接和销连接	194
二、螺纹连接的防松	175	一、型面连接	194
§ 11-5 螺栓连接的强度计算	176	二、胀紧连接	194
一、松螺栓连接的强度计算	177	三、销连接	195
二、紧螺栓连接的强度计算	177	习题	195
§ 11-6 螺纹连接件的材料及许用应力	181		

第五篇 轴承及轴系零部件

第 13 章 轴承	196	§ 13-4 滑动轴承润滑剂和润滑装置	200
§ 13-1 概述	196	一、常用的润滑剂	200
§ 13-2 滑动轴承的主要结构形式	197	二、常用的润滑装置	201
一、向心滑动轴承的结构	197	§ 13-5 非全液体摩擦滑动轴承的计算	203
二、推力滑动轴承的结构	198	一、向心轴承	203
§ 13-3 滑动轴承的失效形式、常用材料	198	二、推力滑动轴承	204
一、滑动轴承的主要失效形式	198	§ 13-6 滚动轴承的结构	204
二、滑动轴承材料	199	§ 13-7 滚动轴承的主要类型及其代号	206

一、基本代号	206	一、联轴器的功用	225
二、前置代号	207	二、联轴器的分类	225
三、后置代号	207	三、常用联轴器的结构和特点	226
§ 13-8 滚动轴承的类型选择	208	四、联轴器类型的选择原则	228
一、滚动轴承的主要类型及特点	208	五、联轴器型号、尺寸的确定	228
二、滚动轴承的类型选择	209	§ 14-2 离合器	229
§ 13-9 滚动轴承尺寸的选择	209	一、离合器的分类	229
一、滚动轴承的失效形式	209	二、常见的离合器	229
二、滚动轴承的基本额定寿命和基本额定 动载荷	210	§ 14-3 制动器	231
三、滚动轴承疲劳寿命计算的基本公式	210	一、制动器的功用	231
四、滚动轴承的当量动载荷	211	二、常用制动器的结构和特点	231
五、角接触轴承轴向载荷的计算	212	习题	232
六、滚动轴承的静载荷计算	213	第 15 章 轴	233
§ 13-10 滚动轴承的组合设计	214	§ 15-1 概述	233
一、轴承的配置和固定	214	§ 15-2 轴的材料和结构	234
二、滚动轴承组合的调整	216	一、轴的材料	234
三、滚动轴承的配合与拆装	216	二、轴的结构	235
四、滚动轴承的润滑与密封	218	三、各轴段直径和长度的确定	237
§ 13-11 滚动轴承的标准	219	§ 15-3 轴的计算	237
习题	223	一、轴的强度校核计算	237
第 14 章 联轴器、离合器、制动器	225	二、轴的刚度计算	243
§ 14-1 联轴器及其选择	225	习题	243

第六篇 机械设计实例

第 16 章 减速器设计	245	二、减速器设计的内容和任务	249
§ 16-1 减速器的类型及结构	245	三、设计数据	250
一、减速器的类型	245	§ 16-4 单级圆柱齿轮减速器样图	250
二、减速器的结构	246	一、圆柱齿轮样图	250
§ 16-2 减速器的常用附件	248	二、转轴样图	251
§ 16-3 减速器课程设计的内容和要求	248	三、装配图样图	252
一、减速器课程设计的目的	248	参考文献	254

第一篇 机械设计总论

绪论

§ 0-1 本课程研究的对象和内容

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素（即人、资金、能量、材料和机械）之一。任何现代产业和工程领域都需要应用机械，在人们的日常生活中，也越来越多地应用各种机械，如汽车、自行车、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器等。

随着机械化生产规模的日益扩大，各个工程领域的发展都要求机械工程有与之相适应的发展，都需要机械工程提供所必需的机械。因此，不仅机械制造领域，在动力、铁路、建筑、冶金、石油、化工、食品工业等各工程领域工作的工程技术人员，都会经常接触到各种类型的通用和专用机械，因此，他们必须具备一定的机械基础知识。

“机械设计基础”研究的对象是机械，研究的内容是有关机械的基础知识，即机械中常用机构和常用零、部件设计的基本理论问题。

从一般意义来讲，“机械”就是劳动工具，现代机械是由古代的劳动工具逐步发展起来的，其性能也是从低级幼稚阶段逐渐发展为高级先进阶段，并且发展成为了当今多种多样的类型，并且它的发展程度标志着国家的科技水平，也是当今科技高速发展的基础。

从专业意义上讲，机械是“机器”和“机构”的总称。

一、机器

机器的种类繁多，其形式、构造和用途也各不相同，但就其组成来说，它们有着相同的特征。

图 0-1 所示的自行车是一种简单的机器，它由链轮 1、链条 2、飞轮 3、后轮 4 和前轮 5 等组成。人力通过踏板使链轮 1 转动，经过链条 2 带动飞轮 3，飞轮 3 内的棘轮机构驱动后轮 4 转动，从而使自行车沿地面向前运动，实现代步功能。

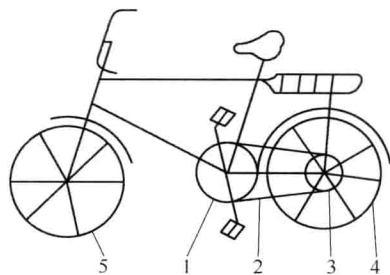


图 0-1 自行车示意图

图 0-2 所示为单缸四冲程内燃机，它由汽缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、小齿轮 4' 和大齿轮 5、凸轮轴 5'、顶杆 6 等组成。当内燃机工作时，燃气推动活塞作往复运动，经连杆使曲轴连续转动。为了保证曲轴每转两周，进、排气阀各启闭一次，利用固定在曲轴上的小齿轮 4' 带动固定在大齿轮 5 转动，再由凸轮轴上的两个凸轮 5' 推动顶杆 6 来控制进气阀和排气阀。这样，当燃气推动活塞运动时，进、排气阀有规律的启闭，将燃气的内能转变为曲轴转动的机械能。

图 0-3 所示的牛头刨床是由床身 1、主动齿轮 2、从动齿轮 3、滑块 4、导杆 5、连杆 6、滑枕 7 等组成。当安装于机架 1 上的主动齿轮 2 转动时, 可将运动传递给与之相啮合的齿轮 3, 齿轮 3 通过滑块 4 带动导杆 5 绕 E 点摆动, 并通过连杆 6 带动滑枕 7, 刨刀固定在滑枕 7 的前端, 随同滑枕一起作往复直线运动, 实现刨削运动, 完成有效的机械功。

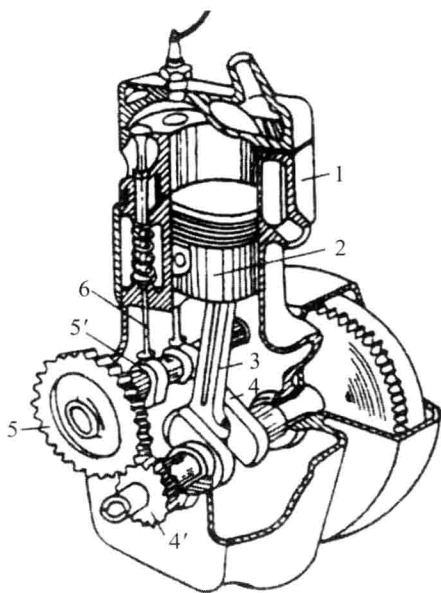


图 0-2 单缸四冲程内燃机

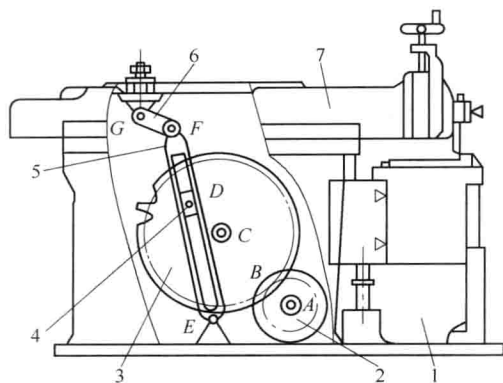


图 0-3 牛头刨床

从以上几个例子可以看出, 机器具有以下三个特征:

- (1) 它们是为人的实物组合;
- (2) 它们是执行机械运动的装置;
- (3) 它们能代替或减轻人的劳动, 完成有效的机械功 (如机床、起重机、洗衣机等), 传递能量、物料 (斗提机、螺旋输送机) 与信息 (发报机、传真机等), 或者进行能量的变换 (如内燃机、发电机等)。

二、机构

机器中用于传递运动和动力的部分称为机构, 机器的运动大多是通过各种机构来实现的。

如图 0-2 所示的单缸内燃机, 主要包含三个机构: 活塞、连杆、曲轴和汽缸体组成曲柄滑块机构, 它将活塞的往复运动转变为曲柄的连续转动; 凸轮、顶杆和汽缸体组成凸轮机构, 将凸轮的连续转动变为顶杆有规律的往复移动; 曲轴、凸轮轴上的齿轮和汽缸体组成齿轮机构。

经过分析, 可以看出各种机器的主要组成部分是各种机构, 机构是一切机器的共性组成部分。一部机器通常包含一个或若干个机构, 电动机只由一个机构组成。

机构与机器类似, 也是人为的实物组合, 但机构只是一个构件系统, 只用于传递运动和动力, 它不具备机器的第三个特征。机器除了传递运动和动力之外, 还具有变换或传递能量、物料、信息的功能。但仅从结构和运动的观点来看, 机器与机构之间并无区别。所以, 通常用“机械”一词作为机器和机构的总称。

机器中常用的机构有: 连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、螺旋传动机构等。

三、构件、零件和部件

1. 构件

组成机构的各个相对运动的部分称为构件，它是一个整体或元件的刚性组合，是运动的单元。

例如：曲轴（图 0-2）是一个整体；而内燃机的连杆（图 0-4）则是由连杆体 1，连杆盖 2，轴套 3，轴承瓦 4、5，螺栓 6，螺母 7，销 8 等元件刚性的连接在一起，元件之间无相对运动，构成了运动的最小单元。

自行车的车轮也是一个构件，是由外胎、内胎、钢圈、辐条和支撑架等元件组成，各元件间不产生相对运动。

2. 零件

组成构件的单元称为零件，零件是机器中最小的制造单元。零件有通用零件和专用零件两大类。

通用零件是各种机器中普遍使用的零件，如螺栓、螺母、螺钉、键、齿轮、弹簧等；专用零件是特定类型机器中所使用的零件，如洗衣机中的波轮、内燃机中的活塞、风扇中的叶轮等。

构件与零件的区别在于：构件是运动的最小单元，零件是制造的最小单元。

3. 部件

机器中由若干零件所组成而协调工作的、不一定是刚性连接的装配单元，称为部件，如减速器、离合器、顶尖、刀架、轴承等。

四、机器的组成

虽然机器的种类繁多，形式各不相同，但一部完整的机器主要由以下四个部分组成，如图 0-5 所示。

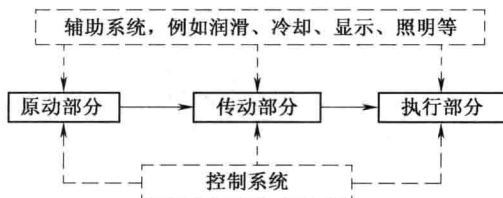


图 0-5 机器的组成

（1）原动部分。原动部分为机器运转提供动力，是将自然界中的能量转换为机械能的机械装置。常用的原动机有电动机、内燃机等。电动机可以把电能转化成机械能；内燃机可把燃料燃烧的化学能转换成机械能。

（2）执行部分。执行部分是一部机器中最接近作业工作端的部分，它通过执行构件与被作业件相接触，完成作业任务。如起重机的吊钩、车床的刀架、仪表的指针等。一部机器可以只有一个执行部分，也可以把机器的功能分解成几个执行部分。

(3) 传动部分。传动部分用来连接原动机和执行部分,将原动机的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动及动力参数。传动部分大多数采用机械传动,有时也采用液压或电力传动。如常用的各种减速和变速装置均可作为传动部分。

(4) 控制、辅助系统。控制、辅助系统用来处理机器各组成部分之间,以及与外部其他机器之间的工作协调关系,它通常由各种传感器、继电器、控制器和计算机等组成。例如,用各种传感器收集机器内、外部的信息,输入计算机进行处理,并向机器各部分发出指令,使之协调工作。随着科学技术和生产的发展,对机械的功能和高度自动化的要求日益增长,因此对控制系统的要求也越来越高。

洗衣机是清洗衣物的机器,是我们熟悉的机械之一。虽然洗衣机控制方式各有不同,但结构和执行部件基本相同。自动洗衣机的动力源是电动机;带传动、齿轮减速器是传动部分;波轮和脱水桶是执行部分;机械控制、电控、传感器等为控制辅助系统(见图 0-6)。

如图 0-7 所示的汽车,发动机是原动部分;离合器、变速箱、传动轴和差速器等是传动部分;车轮、悬挂系统及底盘(包括车身)是执行部分;方向盘、转向系统、排挡杆、刹车、油门等是控制系统;后视镜、车门锁、雨刮器、车灯及各种仪表等为辅助系统。

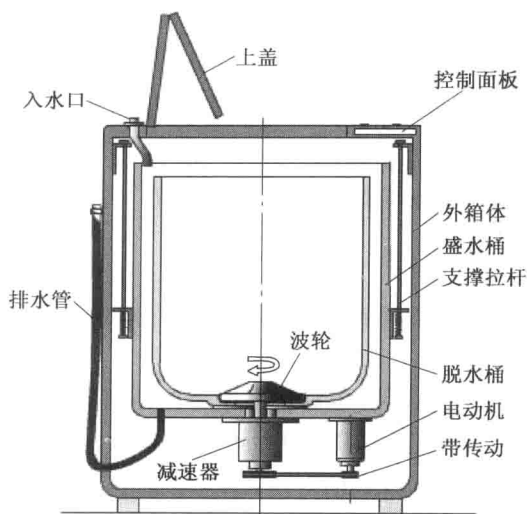


图 0-6 自动洗衣机

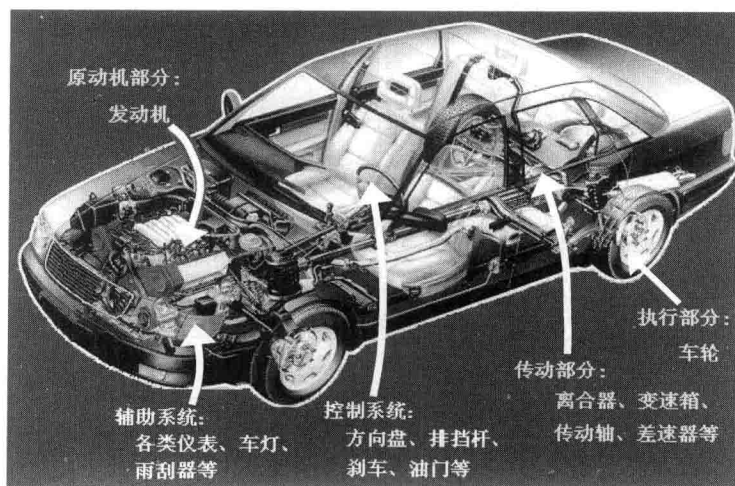


图 0-7 汽车

本课程的研究内容是在简要介绍关于整部机器设计的基本知识的基础上,重点讨论机械设计的一般原则和步骤;机械的组成原理和规律;组成机械的常用机构、机械传动、通用零部件;常用机械连接的工作原理、特点、应用、结构及其基本的设计计算方法等共性问题。

本书讨论的具体内容是:

(1) 总体部分——机械及零件设计的基本原则、设计及计算理论;材料选择及钢的热处

理；结构要求以及标准的应用等基本知识。

(2) 常用机构——平面机构的组成原理；常用机构如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构的工作原理、结构特点、应用范围及设计的基本知识；机械的平衡、机械运转速度波动的类型及其调节方法。

(3) 机械传动——带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动等。

(4) 机械连接——螺纹连接、键连接、花键连接、无键连接、销连接等。

(5) 轴系部分——轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器和制动器等。

(6) 机械设计实例——减速器的结构、课程设计的内容和要求。

§ 0-2 本课程的性质和任务

一、本课程的性质和任务

机械设计基础是高等学校工科相关专业必修的一门设计性质的课程,是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。本课程具有系统性、综合性、工程性的特点,是从理论性很强的基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。为此,对于机械设计人员来说,只有理论扎实,才能充分考虑并正确处理机械设计中的各种问题,才能进行创造性的设计工作,从而获得最佳的设计结果。

本课程的主要任务是:使学生获得认识、正确使用和维护机械设备方面的一些基本知识;培养学生具备分析和选择常用机构的能力;初步掌握运用有关机械设计方面的手册设计简单机械装置的能力,为顺利过渡到专业课程的学习以及进行专业产品和设备的设计奠定必要的基础。

二、本课程的学习方法

机械设计的过程具有反复性,而且往往有多种设计方案可供选择和判断。所以,在初学本课程时,学生常常难以适应这一变化。为了使尽快进入该课程的学习,需注意以下几点:

(1) 注重基本概念的理解和基本设计方法的掌握。常用机构的工作原理、设计方法以及零部件的强度计算与校核是本课程的主要内容;

(2) 着重理解公式的应用条件、公式中参数的选择范围等;

(3) 注意联系生产实际,特别是结构设计和工艺性问题;

(4) 学习机械设计不仅在于继承,更重要的是应用创新,只有学会创新,才能把知识变成分析问题、解决问题的能力。

习 题

0-1 机器与机构有什么异同? 机器有哪些特征? 机器的组成以及各部分的作用是什么?

0-2 构件与零件有什么区别?

0-3 什么是专用零件和通用零件?

第1章 机械设计的基础知识

§ 1-1 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

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，目的是设计新产品，或者改进现有的机器和设备，使其具有新的性能。

无论机器的类型如何，一般来说，对机器提出以下的基本要求：

1. 使用要求

所设计的机械应具有预定的使用功能。这主要靠正确地选择机械的工作原理，正确地设计或选用原动机、传动机构和执行机构，以及合理配置控制辅助系统来实现。

2. 经济性要求

机械的经济性体现在设计、制造和使用的全过程。设计经济性体现在降低设计成本和采用先进的设计方法以缩短设计周期等；制造经济性体现在省工、省料、易装配、制造周期短等；使用经济性表现在高生产率、高效率、低能耗以及低的管理成本、维护费用等。

3. 可靠性要求

机械的可靠性的高低是用可靠度来衡量的。可靠度是指在规定的使用时间内和预定的环境条件下机械能够正常工作的概率。

机械的可靠性取决于设计、制造、管理、使用等各阶段。机器出厂时已经存在的可靠性称为机器的固有可靠性，它在机器的设计、制造阶段就已确定。考虑到用户的人为因素，已出厂的机器正确地完成预定功能的概率，称为机器的使用可靠性。在管理、使用等环节所采取的措施，只能用来保证而不能超过固有可靠性。所以，作为机械的设计者，对机械的可靠性起到决定性的作用。

4. 劳动保护和环境保护要求

对机械的劳动保护和环境保护要求为：

(1) 使机械的操作者方便和安全。设计时要按照人机工程学观点布置各种按钮、手柄，使操作方式符合人们的心理和习惯，同时，设置完善的安全装置、报警装置、显示装置等。

(2) 改善操作者及机械的环境。降低机器运转时的噪声水平，防止有毒、有害介质的渗漏，对废气和废液进行治理。

5. 其他要求

在满足以上基本要求的前提下，对于不同的机械，有其特殊的要求。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高的要求；对流动使用的机械有便于安装和拆卸的要求；对大型机器有便于运输的要求；对于食品机械有防止污染的要求等。

二、机械设计的一般程序

机器是一个复杂的系统，它的质量基本上取决于设计质量。制造过程从本质上讲，是实

现设计时所规定的质量,因此,设计阶段是决定机器好坏的关键。

机械设计是一个创造性的工作,同时也是一个尽可能多地利用已有的成功经验的工作,只有把继承与创新很好地结合起来,才能设计出高质量的机器。

要提高设计质量,必须有一个科学的设计程序。根据人们设计机器的长期经验,一部机器的设计程序基本上可以用图 1-1 表示。

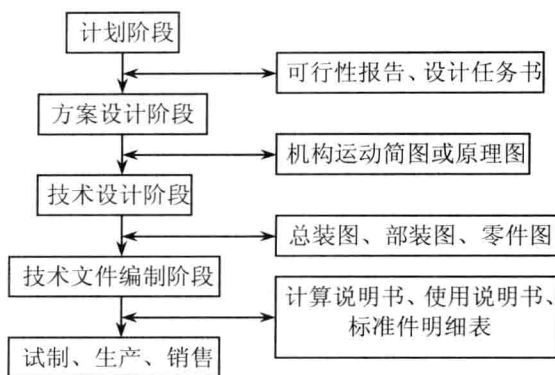


图 1-1 机械设计的一般程序

1. 计划阶段

计划是设计工作必要的前提和准备。在根据市场预测、用户需求调查和可行性分析后,拟定出机械的设计任务书。任务书中应规定机器的功能、主要参数、工作环境、生产批量、预期成本、设计完成期限以及使用条件等。

2. 方案设计阶段

方案设计是影响机械产品结构、性能、工艺、成本的关键环节,是实现机械产品创新的重要阶段。方案设计是在功能分析的基础上,确定机械的工作原理和技术要求;拟定机械的总体布局、传动方案;选择恰当的机构、绘制机构运动简图等。

3. 技术设计阶段

技术设计是将机械的功能原理方案具体化为机械及零部件的合理结构。其工作主要包括选择材料、确定零部件的合理结构;检查机械的功能及零部件的强度、刚度、运转精度等性能是否满足设计要求;最后绘制出正式的总装配图、部件装配图和零件工作图。

4. 技术文件编制阶段

完成全部生产图样,并编制设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表及易损件(或备用件)清单等技术文件。

从明确设计要求开始,经过设计、制造、鉴定到产品定型是一个复杂的过程。在实际设计工作中,上述设计步骤的各个阶段的顺序并不是一成不变的,有时是相互交叉或相互平行的,例如设计计算与绘图常常是相互交叉、互为补充的。

§ 1-2 机械零件的设计准则及设计步骤

机器是由各种各样的零部件组成的,要使所设计的机器满足其基本要求,零件必须首先达到要求,即零件设计的好坏,将对机器使用性能的优劣起着决定性的作用。

一、机械零件的主要失效形式

机械零件由于某种原因而不能正常工作的现象称为失效，其主要失效形式有：

1. 整体断裂

机械零件在受外载荷作用时，由于某一危险截面上的应力超过零件的强度极限而发生的断裂，或者零件在受交变应力作用时，危险截面上发生的疲劳断裂，均属于整体断裂，例如齿轮轮齿根部的断裂、螺栓的断裂等。

2. 过大的残余变形

如果作用于零件上的应力超过了材料的屈服极限，零件将产生残余塑性变形。当残余变形过大时，会使零件的尺寸和形状改变，破坏各零件的相对位置和配合，使机器的运动精度丧失。

3. 零件的表面破坏

零件的表面破坏主要是腐蚀、磨损和接触疲劳。处于潮湿空气中或与水、汽及其他腐蚀介质接触的金属零件，均有可能产生腐蚀现象；所有作相对运动的零件接触表面都有可能发生磨损；在接触变应力作用下工作的零件表面也可能发生接触疲劳。腐蚀、磨损和接触疲劳都是随工作时间的延续而逐渐发生的失效形式。

4. 破坏正常工作条件引起的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作。例如，带传动和摩擦轮传动，只有在传递的有效圆周力小于临界摩擦力时才能正常工作；液体摩擦的滑动轴承，只有在保持完整的润滑油膜时才能正常工作。如果破坏了这些必备的条件，零件将发生不同类型的失效。例如，带传动将发生打滑失效；滑动轴承将发生过热、胶合、磨损等形式的失效。

二、机械零件的设计准则

为防止零件失效，保证其工作能力，在设计机械零件时主要有以下设计准则：

（一）强度准则

零件在载荷作用下所产生的最大工作应力不得超过零件的许用应力。

1. 载荷和应力

在计算零件强度时，需要根据作用在零件上载荷的大小、方向和性质以及工作情况，确定零件中的应力。作用在零件上的载荷和相应的应力，按其随时间变化的情况，可分为以下两类：

（1）静载荷和静应力。不随时间变化或变化缓慢的载荷和应力，称为静载荷和静应力（图 1-2）。例如零件的重力及其相应的应力。

（2）变载荷和变应力。随时间作周期性变化的载荷和应力，称为变载荷和变应力（图 1-3）。变应力既可由变载荷产生，也可以由静载荷产生。例如，轴在不变弯矩作用下等速转动时，轴的横截面内将产生周期性变化的弯曲应力。

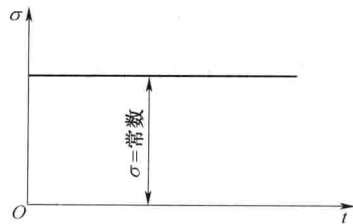


图 1-2 静载荷和静应力

应力作周期性变化时，一个周期所对应的应力变化称为应力循环。应力循环中的平均应力 σ_m 、应力幅度 σ_a 、循环特性 r 与其最大应力 $\sigma_{\max}$ 和最小应力 $\sigma_{\min}$ 有如下的关系