



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

机械设计 基础 (第2版)

Fundamentals of
Mechanical Design (2nd Edition)

以应用为目的，构建知识体系

贯彻最新标准，体现知识更新

典型案例引领，突出技能培养



◎ 陈桂芳 田子欣 王凤娟 主编
◎ 辛百灵 王素粉 朱晓光 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列



工业和信息化高职高专
“十二五”规划教材立项项目

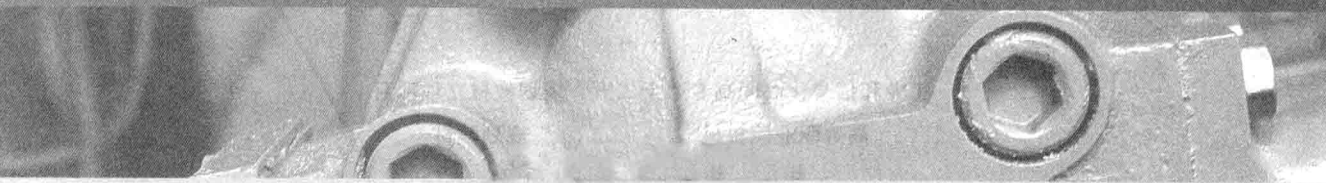
高等职业院校

机电类“十二五”规划教材

机械设计 基础

(第2版)

Fundamentals of
Mechanical Design (2nd Edition)



◎ 陈桂芳 田子欣 王凤娟 主编

◎ 辛百灵 王素粉 朱晓光 副主编

人民邮电出版社

北 京



精品系列

图书在版编目 (C I P) 数据

机械设计基础 / 陈桂芳, 田子欣, 王凤娟主编. --
2版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2012. 9
高等职业院校机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-115-28949-0

I. ①机… II. ①陈… ②田… ③王… III. ①机械设
计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第177536号

内 容 提 要

本书是根据高等职业教育人才培养的要求而编写的。在编写理念上力求基础理论以应用为目的, 以必需、够用为度, 贯彻理论联系实际的原则, 突出理论知识的应用, 加强针对性和应用性。

本书主要内容包括常用机构、常用机械传动、常用机械零件和生产项目综合实训 4 部分, 共计 10 章, 主要包括平面机构运动、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、挠性件传动、齿轮传动、轮系、支承零部件、连接以及生产项目——减速器综合实训等。

本书可作为高职高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院机电一体化技术、模具、数控、自动化等专业的教材, 也可作为相关专业人员和相关技术人员的参考书。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

高等职业院校机电类“十二五”规划教材

机械设计基础 (第 2 版)

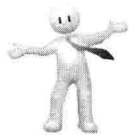
-
- ◆ 主 编 陈桂芳 田子欣 王凤娟
副 主 编 辛百灵 王素粉 朱晓光
责任编辑 刘盛平
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16 插页: 1
印张: 13 2012 年 9 月第 2 版
字数: 298 千字 2012 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28949-0

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



本书是在原《机械设计基础》教材的基础上进行修订的,考虑到目前许多学校机械类和近机类专业培养计划中对技术基础课程教学内容和学时数上出现的新情况,对内容进行了适当的变化和增加。

本书主要有以下特点。

- (1) 在时代性上尽量反映机械设计方面的新知识和新技能。
- (2) 突出应用性,注重培养学生灵活应用基础理论和基本知识分析、解决工程实际问题的能力,力求在应用性和工程化方面有所突破。
- (3) 尽量引用最新的标准与规范,采用国家标准规定的名词术语和符号。
- (4) 注意实例的介绍,对学生加强了实用图表、手册应用能力的培养,体现了本课程实用性的特点,使学生的认识在一定层次上能跟上现代科技发展与职业技术教育的新要求。
- (5) 作为高职高专教材,本书力求概念把握准确,叙述深入浅出、层次分明、详略得当、语句流畅,体现了较好的“可教性”和“可自学性”。

本书由三门峡职业技术学院陈桂芳、田子欣、王凤娟任主编,三门峡豫西机床有限公司高级工程师辛百灵、三门峡职业技术学院王素粉、朱晓光任副主编。具体编写分工如下:陈桂芳编写第9章、第10章,田子欣编写第5章、第7章,王凤娟编写第6章,辛百灵编写第2章、第3章,王素粉编写第8章,朱晓光编写绪论、第1章和第4章。

限于编者的水平和经验,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2012年6月



绪论



0.1 机械设计研究的对象和内容	1
0.1.1 机器和机构	1
0.1.2 课程简介	2
0.2 机械设计的基本要求和一般过程	3
0.2.1 机械设计的基本要求	3
0.2.2 机械零件设计的基本要求	4
0.2.3 机械设计的一般过程	5
0.3 机械零件的失效形式及设计计算准则	6
0.3.1 失效形式	6
0.3.2 设计计算准则	6
0.4 机械零件设计的标准化、系列化及通用化	8
0.5 当前机械设计的动态	9
思考与练习题	9

第一篇 常用机构

第1章 平面机构运动

1.1 平面机构的组成	12
1.1.1 构件和零件	12
1.1.2 运动副及其分类	13
1.2 平面机构的运动简图	14
1.2.1 机构运动简图的概念	14
1.2.2 平面机构运动简图的绘制	15
1.3 平面机构的自由度	16
1.3.1 平面运动构件自由度及其约束	16
1.3.2 平面机构自由度的计算	17

1.3.3 机构具有确定运动的条件	17
-------------------	----

1.3.4 复合铰链、局部自由度和虚约束	18
----------------------	----

本章小结	20
------	----

思考与练习题	21
--------	----

第2章 平面连杆机构

2.1 铰链四杆机构及其应用	22
2.1.1 铰链四杆机构的组成	22
2.1.2 铰链四杆机构的基本形式及其应用	23
2.2 铰链四杆机构的其他形式及其应用	25
2.2.1 曲柄滑块机构及其应用	25
2.2.2 导杆机构及其应用	26
2.2.3 摇块机构和定块机构及其应用	27
2.3 平面四杆机构的工作特性	28
2.3.1 铰链四杆机构中曲柄存在的条件	28
2.3.2 急回特性	30
2.3.3 传力特性	31
2.4 平面四杆机构的设计	33
2.4.1 按给定连杆位置设计四杆机构	33
2.4.2 按给定的行程速度变化系数设计四杆机构	35

本章小结	36
------	----

思考与练习题	36
--------	----

第3章 凸轮机构

3.1 凸轮机构的组成及应用	38
3.1.1 凸轮机构的组成	38



3.1.2 凸轮机构的分类	39
3.1.3 凸轮机构的应用	40
3.2 凸轮机构的运动特性	41
3.2.1 凸轮机构的运动分析	41
3.2.2 从动件常用的运动规律	42
3.3 盘状凸轮轮廓曲线的绘制	44
3.3.1 图解法绘制凸轮轮廓曲线的基本原理	44
3.3.2 对心直动尖顶从动件盘形凸轮轮廓曲线的绘制	45
3.3.3 对心直动滚子从动件盘形凸轮轮廓曲线的绘制	46
3.4 凸轮机构的常用材料和结构	47
3.4.1 凸轮常用材料	47
3.4.2 凸轮的结构	47
3.5 凸轮机构设计应注意的问题	48
3.5.1 凸轮机构压力角与传力性能	48
3.5.2 基圆半径的选择	49
3.5.3 滚子半径的选择	50
本章小结	50
思考与练习题	51
第4章 间歇运动机构	52
4.1 棘轮机构	52
4.1.1 棘轮机构的组成及工作原理	52
4.1.2 棘轮机构的类型及特点	53
4.1.3 棘轮机构的应用实例	54
4.2 槽轮机构	55
4.2.1 槽轮机构的组成及工作原理	55
4.2.2 槽轮机构的类型及特点	55
4.2.3 槽轮机构的应用	56
4.3 不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构简介	57
4.3.1 不完全齿轮机构	57
4.3.2 凸轮式间歇运动机构	57
本章小结	58
思考与练习题	58

第二篇 常用机械传动

第5章 挠性件传动	60
5.1 带传动概述	60
5.1.1 带传动的类型	60
5.1.2 带传动的特点及应用	61
5.2 V带传动的基本参数	62
5.3 V带和V带轮	63
5.3.1 普通V带的结构和尺寸	63
5.3.2 V带轮的材料和结构	65
5.4 带传动的工作能力分析	65
5.4.1 带传动的受力分析	65
5.4.2 带传动的应力分析	67
5.4.3 带传动的弹性滑动和传动比	68
5.5 V带传动选用计算	69
5.5.1 带传动的失效形式和设计准则	69
5.5.2 带传动参数选择及设计计算	69
5.6 带传动的张紧、安装与维护	76
5.6.1 带传动的张紧	76
5.6.2 带传动的安装和维护	77
5.7 链传动概述	77
5.7.1 链传动的类型、特点及应用	77
5.7.2 滚子链及其链轮	78
5.7.3 链传动的运动特性	80
5.7.4 链传动的张紧与维护	81
5.8 其他常用挠性件传动简介	82
5.8.1 同步带传动	82
5.8.2 高速带传动	82
5.8.3 齿形链传动	82
本章小结	83
思考与练习题	83
第6章 齿轮传动	84
6.1 概述	84
6.1.1 齿轮传动的特点和应用	84
6.1.2 齿廓啮合基本定律	86

6.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮	87	6.8.2 圆锥齿轮的基本参数和几何尺寸 计算	116
6.2.1 渐开线的形成及基本性质	87	6.9 蜗杆传动	117
6.2.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和 几何尺寸	88	6.9.1 蜗杆传动的特点及类型	117
6.2.3 几何尺寸计算	91	6.9.2 普通圆柱蜗杆传动的基本参数与 几何尺寸计算	119
6.2.4 内齿轮和齿条	91	6.9.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	121
6.2.5 公法线长度	92	6.9.4 蜗杆传动的效率、润滑和散热	123
6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	93	本章小结	124
6.3.1 正确啮合条件	93	思考与练习题	125
6.3.2 标准齿轮的标准安装	94	第7章 轮系	126
6.3.3 连续传动条件	94	7.1 概述	126
6.4 渐开线齿轮的切齿原理及变位齿轮简介	95	7.1.1 轮系及其应用	126
6.4.1 渐开线齿轮的切齿原理	95	7.1.2 轮系的类型	127
6.4.2 根切现象与最小齿数	97	7.2 定轴轮系传动比的计算	128
6.4.3 变位齿轮的概念	98	7.2.1 一对齿轮的传动比	128
6.5 齿轮传动的失效形式和材料选择	99	7.2.2 定轴轮系传动比的计算	128
6.5.1 齿轮传动的失效形式	99	7.3 周转轮系速比的计算	131
6.5.2 齿轮传动的材料选择	101	7.3.1 周转轮系的组成	131
6.6 渐开线直齿圆柱齿轮传动的工作能力 分析	102	7.3.2 周转轮系速比的计算	132
6.6.1 齿轮受力分析	102	7.4 混合轮系及其传动比	133
6.6.2 齿轮传动的精度及其选择	103	本章小结	135
6.6.3 轮齿弯曲强度分析	104	思考与练习题	135
6.6.4 齿轮传动设计步骤和参数选择	106	第三篇 常用机械零件	
6.6.5 齿轮结构设计	107	第8章 支承零、部件	138
6.6.6 齿轮传动的润滑和维护	108	8.1 轴	138
6.6.7 齿轮传动设计应用实例	109	8.1.1 轴的功用与分类	138
6.7 标准斜齿圆柱齿轮传动	110	8.1.2 轴的结构设计	140
6.7.1 斜齿圆柱齿轮的形成及啮合特点	111	8.1.3 轴的结构分析	143
6.7.2 斜齿圆柱齿轮的参数及几何尺寸 计算	112	8.2 轴的工作能力计算	145
6.7.3 斜齿圆柱齿轮的工作能力分析	114	8.2.1 按扭转强度条件计算	145
6.8 标准直齿圆锥齿轮传动	115	8.2.2 按抗弯扭合成强度条件计算	147
6.8.1 直齿圆锥齿轮齿廓曲面的形成及 特点	115	8.3 轴的设计方法及轴的使用与维护	151
		8.3.1 类比法	151

8.3.2 设计计算法	151
8.3.3 轴的使用与维护	152
8.4 滚动轴承	152
8.4.1 滚动轴承的结构、类型	153
8.4.2 滚动轴承的代号	155
8.4.3 滚动轴承的选择	157
8.4.4 滚动轴承的组合设计	158
8.5 滑动轴承	163
8.5.1 滑动轴承的应用、类型及选用	163
8.5.2 滑动轴承的结构形式	163
8.5.3 轴瓦的结构和轴承的材料	166
本章小结	168
思考与练习题	168
第9章 连接	170
9.1 螺纹	170
9.1.1 螺纹的分类	170
9.1.2 螺纹连接	172
9.2 键、销连接	176
9.2.1 键连接的类型和应用	176
9.2.2 花键连接	177
9.2.3 销连接	178
9.3 联轴器与离合器	178
9.3.1 联轴器	178

9.3.2 离合器	181
9.4 精密传动零件	182
9.4.1 直线滚动导轨	182
9.4.2 滚珠丝杠	183
本章小结	183
思考与练习题	184

第四篇 生产项目综合实训

第10章 生产项目——减速器	186
10.1 减速器的类型和构造	186
10.1.1 常用减速器的主要类型、特点和应用	187
10.1.2 减速器传动比的分配	188
10.1.3 减速器的结构	188
10.2 减速器实例分析	190
10.2.1 传动装置的总体设计	191
10.2.2 传动件的设计计算	193
10.2.3 减速器装配图设计	194
10.2.4 减速器零件工作图的设计	195
10.2.5 编写设计说明书	196
本章小结	196
思考与练习题	196
参考文献	197

绪论

【学习目标】

1. 掌握机器、机构和机械的概念。
2. 了解本课程的研究对象、学习内容和学习方法。

机械设计基础是一门重要的技术基础课，是研究机械类产品的设计、开发、改造，以满足经济发展和社会需求的基础知识课程。机械设计工作涉及工程技术的各个领域。一台新的设备在设计阶段，不仅要根据设计要求确定先进、合理的结构和工作原理，进行运动、动力、强度、刚度分析，完成图样设计，而且要研究在制造、销售、使用以及售后服务等方面的问题。设计人员除必须具有机械设计及相关的基础知识和专业知识外，还要有饱满的创造热情。

0.1

机械设计研究的对象和内容

机械是机器与机构的总称。机械设计基础研究的对象就是机器和机构，为了解本课程所学的内容、性质和任务，首先要了解什么是机器和机构。

| 0.1.1 机器和机构 |

1. 机器

人们在日常生活以及工业、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、缝纫机、内燃机、各种机床、拖拉机、收割机等。所谓机器，就是根据某种使用要求而设计的一种执行机械运动的装置，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。

图 0-1 所示为一工业机器人, 它由铰接臂机械手 1、计算机控制器 2、液压装置 3 和电力装置 4 组成。当机械手的大臂、小臂和手按指令有规律地运动时, 首端夹持器便将物料搬运到预定的位置。在这部机器中, 机械手是传递运动和执行任务的装置, 是机器的主体部分, 电力装置和液压装置提供动力, 计算机实施控制。

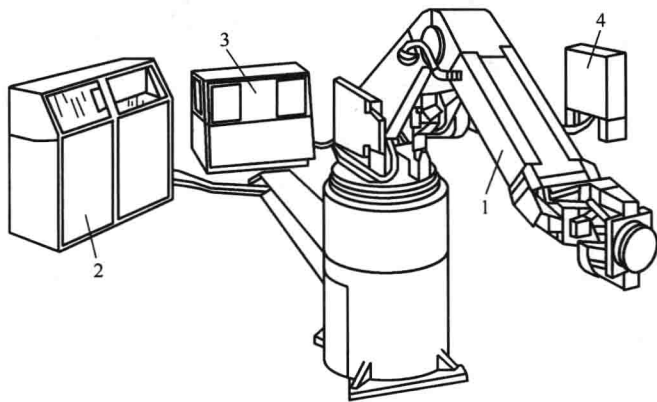


图0-1 工业机器人

机器的种类有很多, 它们的结构、性能及用途等也各不相同。但是, 总的来说, 机器具有三个共同的特征: 首先, 机器是由人为制造的实物所组成的; 其次, 机器的各个部分之间具有确定的相对运动; 最后, 在工作时能够完成有用的机械功或实现能量的转换。

从机器的组成来看, 机器是由各种机构组合而成的。

2. 机构

机构也是人为的实物组合, 其各个部分之间具有确定的相对运动。因此, 机构具有机器的前两个特征。机构也有很多类型, 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。在机器中普遍使用的机构称为常用机构。

0.1.2 课程简介

1. 课程的地位和作用

机械设计基础课程是机械类、机电类以及近机类专业一门必修的技术基础课程, 在教学计划中起着承前启后的桥梁作用, 是学习专业课程和从事机械产品设计的必备基础。本课程的作用在于培养学生掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法, 使学生具备一般机械设备的维护、改进和设计能力。

2. 课程研究的主要内容

本课程作为机械设计的基础, 是一门综合性较强的课程。一方面涉及到许多生产实际知识, 另

一方面又综合运用了许多先修课程所提供的基础理论。因此,本课程主要介绍机械中常用的基本工作原理、运动特性,通用机械零件的设计和计算方法以及有关标准和规范。本课程研究的内容大体可分为以下几部分。

- (1) 机构的运动简图、自由度计算及实际应用。
- (2) 平面连杆机构、凸轮机构的组成原理及实际应用。
- (3) 各种连接零件(如螺纹连接、键连接、销连接等)的标准选择及实际应用。
- (4) 各种传动零件(如带传动、齿轮传动等)的工作能力分析及应用。
- (5) 轴系零件(如轴、轴承等)简单计算、参数选择及实际应用。
- (6) 减速器实例分析。

3. 课程的特点和学习方法

本课程的特点是具有较强的理论性、综合性和实践性。因此,在学习方法上必须有所转变,应注意以下几点。

(1) 图形较多。因为涉及工程中的许多问题,需要用图形来分析、计算物体的机械运动,或者表示机械的原理、结构,所以本课程的图形较多。在学习的时候,要注意结合图形归纳和总结概念,加深对公式的理解和对符号的记忆。

(2) 系统性不强。不同部分的研究对象所涉及的理论基础不同,且相互之间的联系不大。但是,最终的目的只有一个,即分析和设计机构和机器。因此,要熟悉和掌握机构运动简图的绘制方法,习惯于用它来认识机器和机构;熟悉和掌握各种典型机构的运动特点、分析方法和设计方法。

(3) 结果多样性。由于工程实际中的问题非常复杂,很难用纯理论的方法来解决,因此,常常采用一些经验公式、数据以及简化计算的方法,这导致了设计计算结果的多样性,没有唯一的答案。

0.2

机械设计的基本要求和一般过程

| 0.2.1 机械设计的基本要求 |

机械设计的目的是满足社会生产和生活需求,机械设计的任务是应用新技术、新工艺、新方法开发适应社会需求的各种新的机械产品,以及对原有机械进行改造,从而改变或提高原有机械的性能。任何机械产品都始于设计,设计质量的高低直接关系到产品的功能和质量,关系

到产品的成本和价格,机械设计在产品开发中起着非常关键的作用。为此,要在设计中合理确定机械系统功能,增强可靠性,提高经济性,确保安全性。机械产品设计应满足以下几方面的基本要求。

1. 使用功能要求

实现预定的功能,满足运动和动力性能的要求,这是最主要的要求。

机器必须能够保证在预定寿命期间内按照规定的技术条件顺利而有效地实现全部预期功能的要求,不能失效。它是设计的最基本的出发点。它依靠正确选择机器的工作原理、机构类型、机械传动系统方案,以及正确设计零部件的机构组合来保证其功能要求。

2. 可靠性要求

随着机械系统日益复杂化、大型化、自动化及集成化,要求机械系统在预定的环境条件下和寿命期限内,具有保持正常工作状态的性能,这就称为可靠性。

机器可靠性的高低用可靠度 R 来衡量。机器的可靠度 R 是指在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下机器能够正常工作的概率。

3. 满足经济合理性要求

经济合理性要求包括设计、制造和使用的经济性。

4. 劳动保护要求

考虑人机工程学、工程美学的设计原则,劳动保护性有以下三个方面。

(1) 提高操作安全性,外露的旋转部件应添加安全罩,某些需要的地方需设立安全报警装置,例如煤气、锅炉等。

(2) 降低体力及脑力损耗,从操作过程的复杂程度、操纵数目等方面进行考虑,例如,在具有集中润滑的大型设备中,采用联锁装置。

(3) 改善操作环境,增加操作的舒适性,例如工作座椅的振动、机器外观的色彩搭配等。

5. 其他专用要求

针对某一具体的机器,都有一些特殊的要求。例如飞机结构质量要轻,食品机械、纺织机械等不得对产品造成污染等。

总之,机械设计必须根据所要设计的机器的实际情况,分清应满足的各项要求的主、次程度,且尽量做到结构上可靠、工艺上可能、经济上合理,切忌简单照搬或乱提要求。

0.2.2 机械零件设计的基本要求

机械零件是组成机器的最基本的要素,设计零件时应满足的要求是从设计机械的要求中引申出来的。

零件工作可靠并且成本低廉是设计机械零件应满足的基本要求。

零件的工作能力是指零件在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力,对载荷而言称为承载能力。

设计机械零件必须坚持经济观点,为此要注意以下几点。

- (1) 合理选择材料、降低材料费用。
- (2) 保证良好的工艺性、减少制造费用。
- (3) 尽量采用标准化、通用化设计,简化设计过程从而降低成本。

0.2.3 机械设计的一般过程

机械设计过程一般包括四个阶段:计划阶段、方案设计阶段、技术设计阶段和技术文件编制阶段。各阶段的主要工作简要说明如下。

1. 计划阶段

计划阶段的主要工作是提出设计任务和明确设计要求。

阶段目标:设计任务书。任务包括机器的用途、主要性能参数范围、工作环境条件、特殊要求、生产批量、预期成本、完成期限、承制单位等内容。一般由主管单位、用户提出。(注意:这些要求及条件一般也只能给出一个合理的范围,而不是准确的数字。例如,可以用必须达到的要求,最低要求,希望达到的要求等方式予以确定)

2. 方案设计阶段

设计部门和设计人员首先要认真研究任务书,在全面明确上述要求后,在调查研究、分析资料的基础上,拟定设计计划,按照下述的步骤进行设计:机器工作原理选择→机器的运动设计→机器的动力设计。

阶段目标:提出原理性的设计方案——原理图或机构运动简图。

3. 技术设计阶段

在总体方案设计的基础上,确定机器各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对主要零件的工作能力进行计算,完成机械零件设计。

阶段目标:绘制总体设计草图及部件装配草图并绘制出零件图、装配图及总装图。

机械零件设计是本课程研究的主要内容之一,其设计步骤如下。

- (1) 根据机器零件的使用要求,选择零件的类型与结构。
- (2) 根据机器的工作要求,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件,考虑材料的性能、供应情况、经济因素等,合理选择零件的材料。
- (4) 根据零件可能出现的失效形式,确定计算准则,并通过计算确定零件的主要尺寸。
- (5) 根据零件的主要尺寸和工艺性、标准化等要求进行零件的结构设计。
- (6) 绘制零件工作图,制订技术要求。

以上这些内容可在绘制总装配图、部件装配图及零件图的过程中交错、反复进行,同时进行润滑设计。

4. 技术文件编制阶段

技术文件的种类较多,常用的有:机器的设计计算说明书;机器使用说明书;标准件明细表;其他技术文件,如检验合格单、外购明细表、验收条件等。

实际工作中,上述的几个阶段是交叉反复进行的。一个完整的设计过程不但包含以上四个阶段,还包含制造、装配、试车、生产等所有环节,对图纸和技术文件进行完善和修改,直到定型投入正式生产的全过程。



机械零件的失效形式及设计计算准则

0.3.1 失效形式

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求的性能时称失效。失效比破坏具有更广泛的意义。

机械零件的主要失效形式有断裂、过大的残余变形、零件表面的破坏(腐蚀、磨损和接触疲劳等),破坏正常工作条件引起的失效等。对于某一具体的零件,可能产生的失效形式由其工作条件和受载情况而定。

0.3.2 设计计算准则

同一零件对于不同失效形式的承载能力各不相同。以防止产生各种可能失效为目的而拟定的零件工作能力计算依据的基本原则称为设计计算准则。零件设计时的主要设计准则如下。

1. 强度准则

强度是指零件在预期寿命工作中抵抗断裂或过大的残余变形及表面失效的能力,是零件必须首先满足的基本要求,可分为整体强度和表面强度两种。

(1) 整体强度。整体强度的计算准则:零件在危险载面处的最大的应力 σ 、 τ 不得超过允许的程度,即

$$\sigma \leq [\sigma], \tau \leq [\tau] \quad (0.1)$$

或

$$\sigma \leq \sigma_{\text{lim}}/S_{\sigma}, \tau \leq \tau_{\text{lim}}/S_{\tau} \quad (0.2)$$

式中, $[\sigma]$ ——材料的许用的正应力;

$[\tau]$ ——材料的许用的切应力;

S_{σ} 、 S_{τ} ——危险截面的实际安全系数;

σ_{lim} ——极限正应力;

τ_{lim} ——极限切应力。

(2) 表面强度。表面强度可分为表面接触强度和表面挤压强度。

若两个零件在受载前后由点接触或线接触变为小表面积接触,且其表面产生很大的局部应力(称为接触应力),这时零件的强度称为表面接触强度(简称接触强度)。表面强度不够,会发生表面损伤。表面接触强度的计算准则:最大接触应力 σ_H 不超过材料的许用接触应力 $[\sigma_H]$ 。

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] \quad (0.3)$$

面接触的两零件,受载后接触面间产生挤压应力,这时零件的强度称为表面挤压强度,挤压应力过大会使零件表面压溃。表面挤压强度的计算准则:表面最大挤压应力 σ_p 不超过材料的许用挤压应力 $[\sigma_p]$ 。

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (0.4)$$

2. 刚度准则

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力,其设计准则为零件在工作时产生的弹性变形量不超过允许变形量。表达式为

$$\begin{aligned} \gamma &\leq [\gamma] \\ \theta &\leq [\theta] \\ \phi &\leq [\phi] \end{aligned} \quad (0.5)$$

式中, γ ——零件的工作挠度;

$[\gamma]$ ——零件的许用挠度;

θ ——零件的工作偏转角;

$[\theta]$ ——零件的许用偏转角;

ϕ ——零件的工作扭转角;

$[\phi]$ ——零件的许用扭转角。

零件的刚度分为整体变形刚度和表面接触刚度两种。

(1) 整体变形刚度是指零件整体在载荷作用下发生的伸张、缩短、挠曲、扭转等弹性变形的程度。

(2) 表面接触刚度是指因两零件接触表面上的微观凸峰,在外载荷作用下发生变形所导致的两零件相对位置变化的程度。

3. 耐磨性准则

耐磨性是指在载荷作用下相对运动的两零件表面抵抗磨损的能力。

过度磨损会使零件的形状和尺寸改变,配合间隙增大,精度降低,产生冲击振动。

在滑动摩擦下工作的零件,常因载荷大,转速高过度磨损而失效。影响磨损的因素很多,通过限制零件工作面的单位压力和相对滑动速度,进行良好的润滑以及提高零件表面硬度和表面质量来提高耐磨性。用公式表示为

$$\begin{aligned} p &\leq [p] \\ pv &\leq [pv] \end{aligned} \quad (0.6)$$

式中, p ——零件工作面上的压强;

pv ——压强与滑动速度乘积;

$[p]$ 、 $[pv]$ ——许用值。

4. 热平衡准则

零件工作时因摩擦产生过多的热量导致润滑剂失去作用,从而使零件不能正常工作。热平衡准则是,根据热平衡条件,工作温度 t 不应超过许用工作温度 $[t]$, 即

$$t \leq [t] \quad (0.7)$$

5. 振动稳定性

所谓振动稳定性,就是说在设计时要使机器中受激振作用的各零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 错开, 即

$$0.85f > f_p \quad \text{或} \quad 1.15f < f_p \quad (0.8)$$

0.4

机械零件设计的标准化、系列化及通用化

1. 标准件

在机械设计中,按规定标准生产的零件称为标准件。

2. 标准化

机械设计中的标准化是指对零件的特征参数及其结构尺寸、检验方法和制图的规范化要求。国际标准化组织制定了国际标准 (ISO)。我国国家标准化法规规定的标准分国家标准 (GB)、部颁标准 (如 JB、YB 等) 和企业标准三个等级,我国也正在逐步向 ISO 标准靠近,这些标准 (特别是国家和有关部颁标准) 是在机械设计中必须严格遵守的。

3. 系列化

对于同一产品,为了符合不同的使用条件,在同一基本结构或基本尺寸条件下,规定出若干个辅助尺寸不同的产品,成为不同的系列,这就是系列化的含义。

4. 通用化

指在不同规格的同类产品或不同类产品中采用同一结构和尺寸的零部件,以减少零部件的种类,简化生产管理过程,降低成本和缩短生产周期。

零件的标准化、通用化和系列化称作“三化”。机械设计中遵循“三化”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。

0.5

当前机械设计的动态

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。目前,计算机辅助设计与制造 CAD/CAM 已经广泛应用于机械设计和制造的各个环节,对减轻设计者的劳动强度,提高机械产品精度和零件的设计速度与质量,起到了重要作用。

各种检测仪器的迅猛发展,提高了机械检验水平,对零件受力受载分析、应力发热效应的测试、摩擦磨损的分析等方面提供了大量设计所需的数据,促进了设计理论的发展。一种集计算机辅助设计、精密机械加工技术、激光技术和材料科学为一体的新型技术——快速成形技术(RPM)的发展,大大缩短了产品、零件的生产周期,使产品的成本大幅度下降。目前美国、日本、德国等国的开发公司,已将该项技术应用到产品的设计和生产中。我国自 20 世纪 90 年代以来也开展了快速成形技术的研究和应用,取得了一定成果,因此机械设计技术的发展,必须与现代先进机械制造技术相衔接,共同发展。

可靠设计技术在现代装备制造业中已贯穿到产品的开发研制、设计、制造、试验、使用、运输、保管及维修保养的各个环节,我们把它们统称为可靠性工程。可靠性设计作为可靠性工程的重要分支,是一门现代设计理论和方法,它以提高产品可靠性为目的,以概率论和数据统计理论为基础,综合运用多学科知识来研究工程中的设计问题。

思考与练习题

1. 机器具有哪些共同的特征?
2. 机器、机构与机械有什么区别?
3. 简述机械设计的基本要求和一般过程。
4. 为什么机械零件设计要求标准化、系列化及通用化?