

JIXIE SHEJI JICHU

■ 主编 王 玉 高桂仙



BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十二五”精品课程建设成果

机械设计基础

主 编	王 玉	高桂仙	
副主编	富国亮	曾海燕	张艳杰
参 编	孙大鹏	张 欣	吕莎莎
	宋 伟	李志辉	宋佳妮
主 审	张兆隆		

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

全书内容共分17章,包括:绪论、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺旋连接和螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器和离合器、弹簧、机械的平衡与调速。各章内容以常用机构与传动和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和设计、选用方法、使用及维护等内容组成一个完整的机械设计基础课程教学框架,通过设计理念培养学生的综合能力与创造性思维。

本书可作为高等院校机械类、机电类和相关专业的规划教材,也可作为成人教育机电类专业教学教材,同时还可供从事机械设计、制造和维修等工作的有关技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王玉,高桂仙主编. —北京:北京理工大学出版社,
2011.7

ISBN 978-7-5640-4712-2

I. ①机… II. ①王… ②高… 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(2011)第124046号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京泽宇印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/18.75

字 数/437千字

版 次/2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

印 数/1~1500册

定 价/43.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

机械设计基础，是高等教育课程教学体系中，机械类和近机械类各专业培养学生初步具备机械设计能力的主干课程，在机械类和近机械类专业培养计划、知识结构和能力培养的总框架中处于非常重要的位置。

根据高等教育专业人才的培养目标，为了提高教学效率，编者本着“应用为本”的原则，结合本课程的教学规律，对教学内容和教学体系进行了整合。与传统教材内容相比，本书具有如下特点。

1. 本教材按照工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和步骤的顺序编写。

2. 本教材有机地融合了相关课程的内容，主要体现在以下几个方面：

(1) 将传统的机械原理与机械零件的相关内容有机地融合在一起，如把齿轮机构和齿轮传动融合成一个整体；

(2) 将螺纹连接与螺旋传动作为一章；

(3) 将键连接放到轴与轴毂连接一章中介绍，突出了实用性。

3. 注重设计理念、设计步骤，兼顾持续发展，突出学以致用。

4. 为了体现理论与实践的结合，更好地配合课程设计，增加了减速器的相关内容。

5. 为适应科学技术的发展和兼顾持续发展，增加了现代设计概述的内容，介绍了一些现代设计方法和手段的简介，如优化设计、可靠性设计、有限单元法、计算机辅助设计、机械创新设计等内容。

6. 为了保持教材的先进性，本书采用了最新颁布的国家标准和规范，并对有关最新技术成果等做了简略介绍。

参与本书编写的有王玉（绪论，第6、8、10、11章）、高桂仙（第1、2、3、4章）、孙大鹏（第5章）、富国亮（第13、14章）、张欣（第7章）、宋伟（第9章）、吕莎莎（第16章）、张艳杰（第12章）、曾海燕（第15章），李志辉、宋佳妮参与了部分案例的收集与编写，王玉负责全书统稿。承蒙张兆隆教授细心审阅，提出很多宝贵意见和建议，在此深表感谢。

在编写过程中，我们参考了大量文献，在此对这些文献的作者表示衷心的感谢！

鉴于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请同行和广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一节 机械设计的研究对象及其基本概念	1
第二节 本课程的内容、任务和学习方法	3
第三节 机械设计的基本要求	4
第四节 机械设计的方法和一般步骤	5
第五节 机械零件的失效形式和设计准则	6
第六节 机械零件结构的工艺性及标准	8
第七节 机械现代设计方法简介	9
第一章 平面机构的结构分析	11
第一节 平面机构的组成	11
第二节 平面机构运动简图	13
第三节 平面机构的自由度	17
第二章 平面连杆机构	25
第一节 平面连杆机构的特点	25
第二节 平面连杆机构基本型式及其演化	25
第三节 平面连杆机构曲柄的存在条件及其基本特性	31
第四节 平面连杆机构的设计	36
第三章 凸轮机构	46
第一节 凸轮机构的类型和特点	46
第二节 从动件常用运动规律	48
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	53
第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	57
第五节 凸轮常用材料和结构	61
第四章 间歇运动机构	67
第一节 棘轮机构	67
第二节 槽轮机构	73
第三节 不完全齿轮机构	77
第五章 螺纹连接和螺旋传动	79
第一节 螺纹的分类及特点	79
第二节 螺纹连接的主要类型、特点和应用	81
第三节 螺纹连接的预紧和防松	83
第四节 螺栓组连接的结构设计	86
第五节 螺栓连接的强度计算	91
第六节 螺旋传动	97

第六章 带传动	101
第一节 带传动的类型和特点	101
第二节 V带和V带轮	102
第三节 带传动的受力分析和应力分析	107
第四节 带传动的弹性滑动和传动比	109
第五节 普通V带传动的设计	110
第六节 带传动的张紧、安装和维护	115
第七章 链传动	121
第一节 链传动的类型和特点	121
第二节 滚子链和链轮	122
第三节 链传动的运动特性	125
第四节 滚子链传动的设计计算	127
第五节 链传动的布置、张紧与润滑	130
第八章 齿轮传动	135
第一节 齿轮传动的类型、特点和应用	135
第二节 齿廓啮合基本定律	136
第三节 渐开线的形成及其性质	137
第四节 渐开线直齿圆柱齿轮基本参数和几何尺寸	138
第五节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	142
第六节 渐开线齿轮的加工原理和根切现象	145
第七节 变位齿轮概念及应用	148
第八节 齿轮的失效形式、设计准则和材料	150
第九节 直齿圆柱齿轮强度计算	152
第十节 斜齿圆柱齿轮传动	160
第十一节 直齿圆锥齿轮传动	166
第十二节 齿轮的结构	169
第九章 蜗杆传动	175
第一节 蜗杆传动的类型和特点	175
第二节 圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	176
第三节 蜗杆传动的失效形式和计算准则	179
第四节 蜗杆传动的材料和结构	180
第五节 蜗杆传动的强度计算	181
第六节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	183
第十章 轮系与减速器	192
第一节 轮系的分类	192
第二节 定轴轮系传动比的计算	193
第三节 行星轮系传动比的计算	196
第四节 组合轮系传动比的计算	198
第五节 轮系的功用	201

第六节	减速器简介	204
第十一章	轴系零部件	211
第一节	轴的功用及类型	211
第二节	轴的材料	212
第三节	轴的结构分析	213
第四节	轴的强度计算	218
第五节	提高轴强度和刚度措施	223
第六节	轴毂连接	225
第十二章	滑动轴承	232
第一节	轴承的功用及类型	232
第二节	滑动轴承的分类和结构	232
第三节	轴瓦和轴承衬	235
第四节	非液体摩擦滑动轴承的计算	237
第五节	滑动轴承的装配	239
第十三章	滚动轴承	242
第一节	滚动轴承的构造、类型和特点	242
第二节	滚动轴承的代号和类型选择	245
第三节	滚动轴承的尺寸选择与强度计算	247
第四节	滚动轴承的组合设计	255
第十四章	联轴器、离合器	264
第一节	联轴器	264
第二节	离合器	270
第十五章	弹簧	274
第一节	弹簧的功用和类型	274
第二节	弹簧的材料及制造	275
第三节	圆柱螺旋弹簧的结构、参数和尺寸	277
第十六章	机械的平衡与调速	281
第一节	回转件的平衡	281
第二节	机械速度波动的调节	285
参考文献		291

绪 论

第一节 机械设计的研究对象及其基本概念

一、机器、机构和机械

机器是人类在长期的生产实践中发展起来的,是人类用以减轻劳动强度,提高生产率的重要工具。利用机器,人类可以创造出更多的物质财富。

如图 0-1 所示的单缸内燃机,由汽缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、小齿轮 5、大齿轮 6、凸轮 7、推杆 8、气门 9 和气门 10 组成。缸内气体燃烧,推动活塞移动,带动连杆平面运动、曲轴定轴转动,一方面运动输出,驱动车辆行驶;另一方面,通过小齿轮、大齿轮、凸轮、进排气推杆控制进气和排气,使运动连续。燃气在汽缸内的进气→压缩→做功→排气过程,使其燃烧的热能转变为机械能。

如图 0-2 所示的颚式破碎机,由电机 1、小带轮 2、V 带 3、大带轮 4、偏心轮 5、动颚板 6、肘板 7、机架 8、定颚板 9 组成。通电后电动机转动,通过带传动带动偏心轮转动,使动颚板作平面运动,肘板定轴摆动,动颚板与定颚板一起压碎物料。电动机的电能转化为动颚板平面运动、肘板摆动的机械能。

机器的种类繁多,结构形式和用途也各不相同,但机器都有 3 个共同的特征:

- (1) 都是一种人为的实物组合。
- (2) 各实物之间具有确定的相对运动。
- (3) 能实现能量转换或完成有用的机械功。

只具有前两个特征的称为机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等,机构只是完成传递运动、力或改变运动形式的机械装置。机器是根据某种使用要求而设计的,带有动力的完整装置,能完成有用的机械功或转换机械能。机器包含机构,机构是机器的主要组成部分。一部机器中可以包括不同种类的机构,而同一种机构又可以应用在不同的机器中。

机构与机器的区别在于:机器必须能够做功和进行能量转换。因为,机器与机构在组成和运动中并无区别,所以将机器和机构通称为机械。

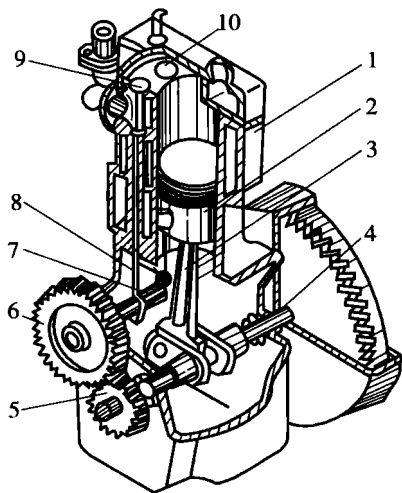


图 0-1 单缸内燃机

1—汽缸体; 2—活塞; 3—连杆; 4—曲轴;
5—小齿轮; 6—大齿轮; 7—凸轮; 8—推杆;
9, 10—进排气门

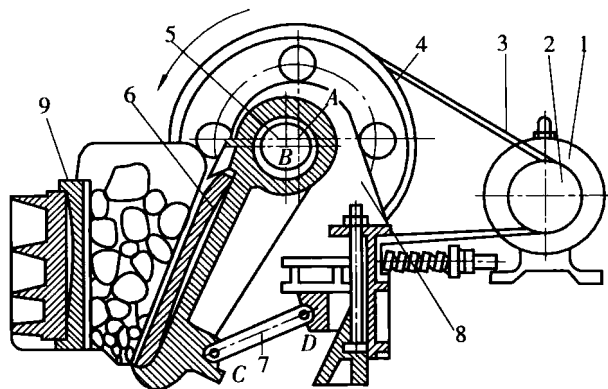


图 0-2 颚式破碎机

1—电机；2—小带轮；3—V 带；4—大带轮；5—偏心轮；
6—动颚板；7—肘板；8—机架；9—定颚板

二、构件与零件

组成机械的各个相对运动的实物称为构件，机械中不可拆卸的制造单元体称为零件。构件可以是单一零件，如内燃机的曲轴 4（见图 0-1）；也可以是多个零件的刚性组合体，如内燃机的连杆 3，其结构如图 0-3 所示。由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 以及螺母 3 等几个零件组成。这些零件之间没有相对运动，而是构成一个运动单元，成为一个构件。

零件是制造的单元。机械中的零件可以分为两类：一类称为通用零件，它在各种机械中都会出现，如图 0-4 齿轮减速器中的齿轮 1、轴 2、螺栓 3、螺母 4、轴承 5 等；另一类称为专用零件，它只出现于某些机械之中，如图 0-1 内燃机中的活塞 2、曲轴 4 等。

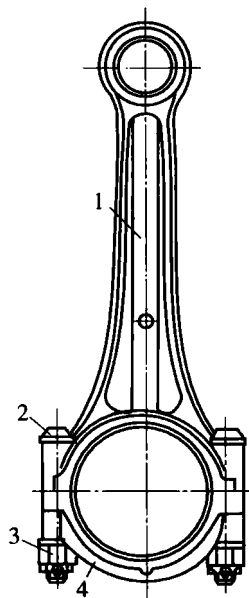


图 0-3 内燃机连杆

1—连杆体；2—螺栓；3—螺母；4—连杆盖

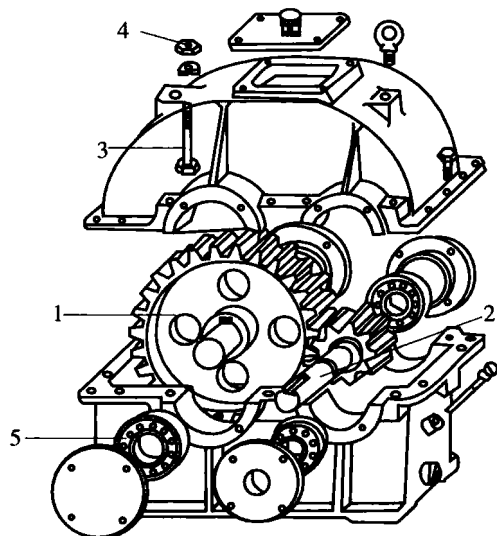


图 0-4 齿轮减速器

1—齿轮；2—轴；3—螺栓；4—螺母；5—轴承

三、机器的组成

虽然机器的种类很多,功能与外形不一,却可从它们中间找到共性的联系,机器都可归纳为由四大部分组成:原动部分、传动部分、工作部分和检控部分。

1. 原动部分

是机器的动力源。常见的动力源有电动机、内燃机等。这部分的作用是把其他形式的能量转变为机器能,以驱动机器各部件。

2. 传动部分

处于机器的中间部位。其作用是把原动部分的运动和动力传递给工作部分。如图 0-2 颚式破碎机中的 V 带传动,图 0-5 车床中的 V 带传动 2、齿轮传动 3。此外,还有电磁传动、液或气传动等。

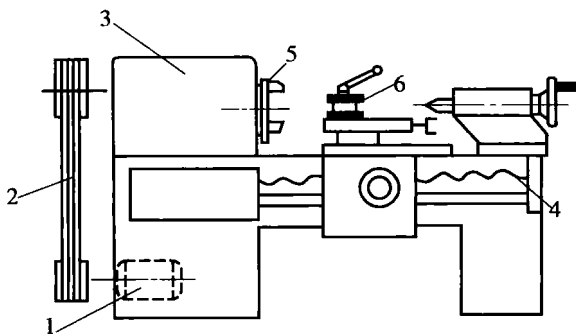


图 0-5 车床

1—电动机; 2—V 带传动; 3—齿轮传动; 4—丝杠; 5—主轴卡盘; 6—刀架

3. 工作部分

它是机械的终端,依靠原动部分,经过传动部分带动。如车床旋转的主轴卡盘 5 和刀架 6 纵横直线运动,即属于工作部分,利用它可以切削工件。又如图 0-2 破碎机的动颚板 6 属于工作部分,利用它的往复摆动,能将物料碾碎。

4. 检控部分

它包括控制部分和检测部分,如数控机床的工业控制机,数字显示器以及各种操纵杆和仪表。其作用是操作机器运行,显示运行状况和数据,保证机器正常运行。机电一体化工业的发展,使检控部分在机器中的地位日益重要。

第二节 本课程的内容、任务和学习方法

一、本课程的内容、性质和任务

“机械设计基础”课程的内容是讲述机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和设计选用方法。本课程讲述的常用机构和通用零件有平面连杆机构、凸轮机构、齿轮传动、间歇运动机构、带传动、蜗杆传动、螺旋传动、键连接、螺纹连接、轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器与离合器、弹簧、轮系以及平衡与调速等。

“机械设计基础”课程的性质是一门技术基础课。学习本课程时，将会经常综合运用高等数学、机械制图、工程力学、机械制造基础等课程的有关知识。它位于基础课和专业课之间，起着承前启后的作用，是学习专业课程和从事机械产品设计的必备基础。

“机械设计基础”课程的任务是培养学生树立正确的设计思想和思维方法，养成踏实、严谨的工作习惯；掌握一般机械中常用机构和通用零件的工作原理、性能特点；初步掌握选用和设计方法；掌握一般机械设备中常用机构和零部件的使用基础知识；学会查用图表、标准、规范和手册等技术资料；具有设计常用机构、简单传动装置、通用零件及分析、解决一般工程问题的初步能力。

二、学习方法简介

本课程是从理论性、系统性很强的基础课和专业基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要的转折点。因此，学生学习本课程时必须在学习方法上有所转变，且应注意以下几个问题：

(1) 学习时应注意本课程的系统性，即各部分内容都是按照工作原理、结构、强度计算、使用维护的顺序介绍这一特点。

(2) 由于实践中所发生的问题比较复杂，很难用纯理论的方法来解决，因此学习时要灵活应用一些经验公式、参数及简化计算（条件性计算）等。

(3) 计算步骤和计算结果不像基础课那样具有唯一性。

(4) 计算对解决设计问题虽然很重要，但并不是唯一所要求的能力。学生必须逐步培养把理论计算与结构设计、工艺等结合起来解决设计问题的能力。

第三节 机械设计的基本要求

机械设计包括两种设计：应用新技术、新方法开发创造新机械；在原有机械的基础上重新设计或进行局部改造，从而改变或提高原有机械的性能。设计质量直接关系到机械产品的性能、价格及经济效益。

一、设计机械零件的基本要求

机械零件是组成机器的基本单元，设计机械零件应满足的基本要求是工作可靠并且成本低廉。

失效是指零件由于某些原因不能正常工作。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失效的能力。只有每个零件都能可靠地工作，才能保证机器的正常运行。

设计机械零件还必须坚持经济观点，力求综合经济效益高。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。

二、机械设计的基本要求

机械产品设计应满足以下几方面的基本要求。

1. 满足机械功能的要求

设计的机器能够准确实现规定的运动轨迹,完成预定的功能,满足人们提出的使用要求,并能在规定的工作条件下和工作期限内正常运行,即称为该机械有良好的功能。例如,设计破碎机,则应能实现对有一定硬度和颗粒大小的物料进行碾碎的功能;设计车床则应能加工零件的外圆表面和内孔表面。

2. 整机工作可靠

机器由许多零件及部件组成,其可靠度取决于零部件的可靠度。机械系统的零部件越多,其可靠度也就越低,因此在设计机器时应尽量减少零件数目。

3. 经济实用

经济性指标是一项综合性指标,要求设计及制造成本低、机器生产效率高、能源和材料耗费少、维护及管理费用低等。

4. 操作方便、工作安全

操作系统要简便可靠,要有利于减轻操作人员的劳动强度。要有各种保险装置以消除由于误操作而引起的危险,避免人身及设备事故的发生。除了某些机械要求有特定的振动以外,大多数的机械要求运行平稳,振动小、噪声低,在机械的重要部位要有保险或防护装置,以保证运行安全可靠。

除了以上这些基本要求外,还应有少污染、外形美观等要求。

第四节 机械设计的方法和一般步骤

机械设计是一项复杂、细致和科学性很强的工作。常规设计方法是工程技术人员进行机械设计的重要基础,必须很好地掌握。

一、机械设计的一般程序

1. 制定设计任务书

首先进行社会和市场调查,根据市场需求提出设计任务,明确设计要求,根据需要确定所设计机械的功能及技术要求。设计任务书应确切写明机械名称、功能、主要的经济和技术指标、工作条件、生产规模、完成设计和制造的日期等。设计任务书的内容应由主管部门及专家们研究审定。

2. 方案设计

根据设计任务书的机械功能,在满足设计任务书中具体设计要求的前提下,分析机械的运动规律和受力情况,选择采用何种机构和传动型式,拟定机械的总体布置方案。在这一阶段中,应提出几个可行的方案,用指标评分选优法,从中优选出一种功能满足要求、工作性能可靠、结构设计可行以及成本低廉的方案。

3. 总体结构设计

依据总体方案,通过运动学和动力学计算关键零部件的工作能力和寿命。有时还需借助试验测得必要的参数,确定结构中零部件的形状和尺寸,在考虑它们相互间的位置和装卸关系下,绘出总体结构图。

4. 零部件设计

根据总体结构图要求,考虑零部件的工艺性和工作能力,绘制零部件工作图,并编写出相应的技术文件和说明书。

5. 试制和修改设计

先试制几台样品,经过加工、安装及调试制造出样机,并作试运行,将试验过程中发现的问题,进行修改完善。

6. 审核和鉴定

产品鉴定会应根据任务书,将报告规定的指标同实际情况逐项对照,做出审定意见和能否投入生产的结论。

7. 定型生产

根据可投入生产的鉴定结论,使样品定型。然后,再由生产条件和市场状况确定生产数额,对于新的机械产品,通常先以批量规模投入生产,经过一段时间试用后,再扩大生产量。

二、机械零件设计的一般步骤

与设计机器时一样,设计机械零件也常需拟定出几种不同方案,经过认真比较选用其中最好的一种。设计机械零件的一般步骤如下:

(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) 根据零件工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则。

(3) 进行主要参数选择,选定材料,根据计算准则求出零件的主要尺寸,考虑热处理及结构工艺性要求等。

(4) 进行结构设计。

(5) 绘制零件工作图,制定技术要求,编写计算说明书及相关技术文件。

对于不同的零件和工作条件,以上这些设计步骤可以有所不同。此外,在设计过程中,这些步骤又是相互交错、反复进行的。设计过程是一个不断修改和完善的过程,只有在实践中不断探索,并进行发展和创新,才能设计出更合理、更先进的机械。

第五节 机械零件的失效形式和设计准则

机械零件丧失预定功能或预定功能指标降低到许用值以下的现象,称为机械零件的失效。进行机械零件设计时必须根据零件的失效形式分析失效的原因,提出防止或减轻失效的措施,根据不同的失效形式提出不同的设计计算准则。

一、失效形式

机械零件最常见的失效形式大致有以下几种。

1. 断裂

机械零件的断裂通常有以下两种情况:

(1) 零件在外载荷的作用下,某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时将发生断裂,如轮齿的过载折断。

(2) 零件在循环变应力的作用下, 危险截面上的应力超过零件的疲劳强度而发生疲劳断裂, 如轮齿的疲劳折断。

2. 过量变形

当零件的弹性变形量过大时也会使机器的工作不正常, 如机床主轴的过量弹性变形会降低机床的加工精度, 如轮齿的齿面点蚀、磨损。

3. 表面失效

表面失效主要有疲劳点蚀、磨损、压溃和腐蚀等形式。表面失效后通常会增加零件的摩擦, 使零件尺寸、精度发生变化, 最终造成零件的报废。

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, 否则就会引起失效。如带传动因过载发生打滑, 使传动不能正常地进行。

二、设计计算准则

对于不同失效形式的承载能力也各不相同。根据不同的失效原因而建立起来的工作能力判定条件, 称为设计计算准则, 主要包括以下几种。

1. 强度

强度是指零部件承受外载荷 (包括力和力矩) 后, 抵抗破坏 (包括整体断裂、塑性变形和表面损伤等) 的能力。如果强度不够, 则零件就不能工作, 甚至可能造成严重事故。例如, 轴被折断, 齿轮表面点蚀等。强度是一切零件设计的基本准则, 必须予以满足。影响零件强度的主要因素有, 制作该零件的材料的力学性能及其热处理、结构形状、尺寸大小和表面粗糙度。

零件的强度准则是: $\text{最大工作应力} \leq [\text{许用应力}]$ 。

许用应力与零件所受的应力种类、零件所用材料的极限应力、零件尺寸大小、工作状况以及安全系数和可靠性要求等有关。

2. 刚度

刚度是指在外载荷作用下, 零件抵抗变形的能力。刚度不够, 就不能工作。例如, 安装齿轮的轴弯曲挠度过大时, 就会破坏轮齿的正常啮合。影响零件刚度的主要因素有零件的尺寸大小、截面形状和力的支点距离。

零件的刚度准则是: $\text{最大工作挠度} \leq [\text{许用挠度}]$ 。

$\text{最大工作偏转角} \leq [\text{许用偏转角}]$ 。

$\text{最大工作扭转角} \leq [\text{许用扭转角}]$ 。

但是, 并非所有零件都要求较大的刚度, 有一些零件工作时要求较小的刚度, 即在外载荷作用下, 要有较大的变形量。例如, 弹簧就是依靠大的弹性变形量来贮存能量或控制运动。

3. 耐磨性

耐磨性是指作相对运动的两个零件抵抗摩擦表面物质损失的能力。例如, 滑动轴承的工作表面过量磨损时, 传动精度就会下降。零件在摩擦过程中, 其尺寸和形状都在改变, 当磨损量超过限时, 机械就因失去了原来的运动轨迹和性能要求而报废。零件的磨损是决定机械使用寿命的重要因素。人们常采用合理的润滑剂和润滑方式、适当降低表面粗糙度等办

法, 延长机械正常工作的时间。磨损的机理较复杂, 所以通常采用条件性计算准则。

零件的耐磨性准则是: 最大工作压强 $\leq$ [许用压强]。

4. 振动稳定性

一般机械中的振动使零件承受额外的变应力, 并使零件和机械的运动精度降低, 也产生了噪声。在高速机械中, 当机械或零件的自振频率与载荷的周期性频率相接近时, 就会发生共振。共振将导致零件迅速损坏。此时, 要进行振动计算, 使自振频率远离周期性的频率, 以免共振。

零件的振动稳定性准则是: 零件的工作转速避开临界转速。

5. 散热性

零件若在高温环境下工作, 一方面使润滑油失去作用, 摩擦及磨损剧增; 另一方面引起热变形和附加热应力, 从而使零件的机械强度下降, 最终导致零件的承载能力降低, 甚至不能正常工作。效率低、发热量大的机构, 如蜗杆蜗轮传动, 应进行散热能力计算。因此, 通常要进行机械工作时的热平衡计算。如果工作温度超过限度, 则必须采取散热降温措施。

零件的热平衡准则是: 工作时发出的热量 $\leq$ 能够散出的热量。

第六节 机械零件结构的工艺性及标准

一、机械零件结构的工艺性

机械零件中由理论计算确定的尺寸和形状, 只占其结构的小部分。而它的许多尺寸、形状以及零件间的相互位置关系, 是由设计者根据机械的整体功能、运动规律、强度、刚度、加工工艺、装卸、调试、维修等因素综合考虑分析后确定的。其中零件具有良好的加工工艺性更显得重要, 即在一定的生产条件下, 用最少工时将零件制造出来。具体地说, 有以下基本要求。

1. 合理选择零件的毛坯

零件毛坯的种类有铸造件、锻造件、焊接件、冲压件以及轧制件等。零件采用何种毛坯, 与零件的工作能力、生产条件、产量和生产率以及经济性有关。

2. 合理选择零件的精度和表面粗糙度

零件的精度和表面粗糙度制定得过低, 就难以保证力学性能要求和一定的寿命要求; 制定得过高, 会使零件的加工费用增加, 成本提高。

3. 合理设计零件的结构

设计零件的结构要简单、重量轻, 在保证满足功能要求的条件下, 采用简单的表面形状组合起来, 减少加工面积, 并使加工容易。

二、标准化

一些通用零件, 如螺纹连接件、滚动轴承、联轴器等, 由于应用范围广、用量大, 所以已经标准化为标准件。设计时只需根据设计手册或产品目录选定型号和尺寸, 向专业商店或工厂订购。此外, 有很多零件虽使用范围极为广泛, 但在具体设计时随着工作条件的不同, 在材料、尺寸、结构等方面的选择也各不相同, 在这种情况下则可对其某些基本参数规定标

准的系列化数列,如齿轮的模数等。

按规定标准生产的零件称为标准件。标准化给机械设计与制造带来的好处是:

- (1) 由专门化工厂大量生产标准件,能保证质量、节约材料、降低成本。
- (2) 选用标准件可以简化设计工作、缩短产品的生产周期。
- (3) 选用参数标准化的零件,在机械制造过程中可以减少刀具和量具的规格。
- (4) 具有互换性,从而简化机器的安装和维修。

设计中选用标准件时,由于要受到标准的限制而使选用不够灵活;若选用系列化产品则在一定程度上解决了这一问题。例如,对于同类型、同内径的滚动轴承,按照滚动体直径的不同使其形成各种外径、宽度的滚动轴承系列,从而使轴承的选用更为方便、灵活。

通用化是指在不同规格的同类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。

我国现行标准分为国家标准(GB)、部颁标准(如JB为机械工业部标准、YB为冶金工业部标准等)以及企业行业用标准等。为了便于国际交流和参与国际市场竞争,我国的标准将同国际标准(ISO)衔接。所以,在设计工作中应采用国家标准。

第七节 机械现代设计方法简介

随着科学技术的发展,对设计的理解在不断地深化,设计方法也在不断地发展。相对于传统的设计方法而言,机械现代设计方法具有创造性、系统性、优化性、综合性等特点。传统的设计方法是静态的、经验的、手工的、偏重于零件或部件的单项指标的设计,是被动地重复分析产品的性能;而现代设计方法是动态的、定量的、计算机化的、面向整机(系统)多项指标的综合设计,使设计过程趋于自动化、合理化,能使各项参数更趋合理,使产品达到优质、高效、低成本的目标。

机械现代设计方法涉及内容非常广泛,较常用的有下列几种。

1. 机械动态性能设计

机械现代设计是静态设计和动态设计并举,以同时满足机械静、动态特性和低振动、低噪声的要求。动态设计的一般过程是:

- (1) 进行静态设计,使设计的机械结构首先满足静态强度和刚度的要求。
- (2) 对静态设计的产品图样或需要改进的产品实物建立力学分析模型,完成结构的固有频率、振型、模态及动力响应等动态特性分析。
- (3) 根据工程实际要求,给出其动态特性的要求或预期的动态设计目标,进行动力学分析和求解。

2. 优化设计

工程优化设计的目标是:以尽可能高的效率求得尽可能优的设计方案及尽可能优的解决方案。

优化设计数学模型可分解为三要素:设计变量、目标函数和约束条件。

- (1) 设计变量。优化设计过程中需要先确定设计参数,这类参数称为设计变量。
- (2) 目标函数。目标函数也称为评价函数,是评价设计目标优劣的重要指标,不同的设计目的有不同的目标。

(3) 约束条件。在优化目标函数中,设计变量的取值必须服从有关规律和限制(如标准、规范及设计规定的条件即构成了设计的约束条件)。一般可分为边界约束、性能约束和几何(结构)约束三类。

3. 可靠性设计

机械可靠性设计方法是將载荷、材料性能、强度及零部件的尺寸看做统计量,应用概率、统计理论及强度理论,求出在给定设计条件下零部件不产生破坏的概率,进而求出在给定可靠度条件下零部件的尺寸或在該尺寸下零部件的安全寿命的方法。可靠性设计方法对于复杂机械系统的设计尤显重要,因为越是复杂的系统,其组成零部件和元器件越多,失效的概率会越大。

4. 有限单元法

有限单元法是将连续体简化为有限个单元组成的组合体模型,再进行数值求解的一种方法。有限单元法利用在每一单元内假设的近似函数表示全求解域上的未知场函数,得到一组各单元连接节点未知量的代数方程组。一经求出这些节点未知量,就可以利用插值函数确定单元组合体上的场函数。显然,随着单元数目的增加,即单元尺寸的缩小,解答的近似程度将不断改进。如果单元满足收敛条件,得到的近似解最后将收敛于精确解。

有限单元法概念浅显,容易掌握,有很强的适用性,应用范围极广,便于计算机编程和自动计算,具有极大的通用性。应用有限单元法可以求解平面和空间弹性力学、板壳问题、静力平衡问题、动力学问题、稳定性问题;可以进行线性分析、非线性分析;分析的对象可以是固体力学、流体力学、传热量、电磁学等领域,并有很多如 ANSYS 等的应用软件,已成为一门日益成熟的技术。

5. 计算机辅助设计

计算机辅助设计是利用计算机软、硬件系统辅助设计人员进行工程和产品设计,以实现最佳设计效果的一门涉及图形处理、工程分析、数据管理与数据变换、图文档处理及软件设计等项目的新技术。计算机辅助设计利用计算机高速而精确的运算功能,大容量存储和处理数据的能力,丰富而灵活的图形、文字处理功能,结合设计者的创造性思维能力,综合分析能力及逻辑判断能力,形成人机结合的交互式设计系统。设计者可以在显示屏上设计,边修改、边验算,或进行模拟试验,极大地加快了设计进程,缩短了研制周期,提高了设计质量,进而加速产品更新,增加产品的竞争力,有利于提高生产力,有利于产品的标准化、系列化,也有利于实现 CAD 与 CAM(计算机辅助制造)、CAE(计算机辅助工程)一体化。

6. 机械创新设计

机械创新设计是指充分发挥设计者的创造力,利用已有的相关科学技术成果(如理论、方法、技术、原理等)进行创新构思,设计出具有新颖性、创造性、实用性的机构或机械产品的一种实践活动。机械创新设计包括原理方案创新设计、机构创新设计和结构方案创新设计等。

机械现代设计方法发展很快,除上述各种方法外,常见的还有摩擦学设计、并行设计、虚拟产品设计、质量驱动设计、智能设计、分型设计、基于实例设计等。