



面向
21世纪
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列教材

机械设计基础

赵冬梅 主编
徐坚 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列教材

机械设计基础

主编 赵冬梅

参编 张旦闻 祝要民 孙娟

主审 徐坚

西安电子科技大学出版社

2004

内 容 简 介

本书涵盖了机械原理和机械设计的内容,共16章。内容包括绪论,平面机构的运动简图及自由度,平面连杆机构,凸轮机构,轮系,其他常用机构,带传动和链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴和轴毂联接,滚动轴承,滑动轴承,螺纹联接,联轴器、离合器和制动器,弹簧等。

根据目前高职高专教学的特点和需要,本书对传统内容进行了精简,突出了应用性,加强了计算机辅助设计。

本书可作为高职高专机电、数控、自动化等专业的教材,也可供从事机械和机电设备维护的工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,需要的教师可与西安电子科技大学出版社发行部联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/赵冬梅主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2004.8

(高职高专系列教材)

ISBN 7-5606-1423-X

I. 机… II. 赵… 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(2004)第 062410 号

责任编辑 王中伟 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西画报社印刷厂

版 次 2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.375

字 数 455千字

印 数 1~4000册

定 价 21.00元

ISBN 7-5606-1423-X/TH·0037(课)

XDUP 1694001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

“机械设计基础”是高等职业教育和高等专科教育机电工程类专业开设的一门技术基础课。随着科学技术的发展,现代化建设对人才的培养目标也在发生着变化。高等学校的教材应及时进行补充和调整以适应社会发展的要求。

本书是“机械设计基础”教材编写小组在征集了十多所高等学校的教学大纲,以及一线教师对教材内容的意见的基础上编写的。

本书在内容上以“机构和机械设计概论”、“常用机构”、“机械传动”、“轴系零件”、“螺纹联接和弹簧”为主线,基本涵盖了所有机械设计的基础知识。内容的安排力求精练,避免重复,突出应用。对知识点的叙述图文并茂,力求系统、完整,方便教学;大部分插图具有“自明性”,即只看图,不读文也可理解图意;对一般内容着重阐明概念,讲清思路,简化理论推导,强调在工程设计中的应用。

在学习机械设计基础理论的同时,本书将计算机辅助设计方法融会在一些实例中,其内容包括:机构的解析计算,机构运动分析,线图的程序化等,使学生初步建立对现代设计方法在机械设计领域应用的认识。教师可结合自身特点,针对某些专题在课程中展开讨论。

本书第6~9章由赵冬梅编写、第10~12章由祝要民编写、第13~15章由孙娟编写、第1~5章及第16章由张旦闻编写,全书由徐坚主审。

由于作者水平有限,书中缺点和不妥之处在所难免,恳请同行们批评指正。

编 者

2004年3月

序

1999 年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在 2004 年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长 李宗尧

机电类专业系列高职高专教材

编审专家委员会名单

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

副主任：方 新（北京联合大学机电学院副院长，教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑，教授）

成 员：（按姓氏笔画排列）

刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，副教授）

李七一（南京工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

李望云（武汉职业技术学院机械系主任，副教授）

宋文学（西安航空技术高等专科学校机械系副主任，副教授）

邱士安（成都电子机械高等专科学校机电工程系副主任，副教授）

胡德淦（郑州工业高等专科学校机械工程系副教授）

高鸿庭（上海电机技术高等专科学校机械系副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自控与电子工程系副主任，副教授）

蒋敦斌（天津职业大学机电工程系主任，教授）

董建国（湖南工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

翟 轰（陕西工业职业技术学院院长，教授）

项目总策划：梁家新

项目策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课程概述	1
1.2 机械设计的基本要求和一般过程	3
1.3 机械零件的材料选择	4
1.4 机械零件的工作能力和计算准则	5
1.5 机械零件的结构工艺性	8
1.6 机械零件设计中的标准化	12
习题	12
第 2 章 平面机构的运动简图及自由度	14
2.1 运动副及其分类	14
2.2 平面机构运动简图	16
2.3 平面机构的自由度	18
习题	23
第 3 章 平面连杆机构	26
3.1 铰链四杆机构的类型及应用	26
3.2 滑块四杆机构	29
3.3 平面四杆机构的几个工作特性	34
3.4 平面四杆机构的设计	40
习题	45
第 4 章 凸轮机构	47
4.1 凸轮机构的类型和应用	47
4.2 从动件基本运动规律	50
4.3 凸轮轮廓设计	56
4.4 凸轮尺寸的确定	60
习题	64
第 5 章 轮系	66
5.1 定轴轮系	66
5.2 周转轮系	68
5.3 混合轮系	70
5.4 轮系的功用	71
习题	74
第 6 章 其他常用机构	76
6.1 棘轮机构的工作原理和类型	76

6.2 槽轮机构	80
6.3 万向联轴节	81
6.4 螺旋机构	83
6.5 不完全齿轮机构简介	85
6.6 机构的组合	86
第7章 带传动和链传动	90
7.1 机械传动概述	90
7.2 带传动概述	91
7.3 带传动的工作情况分析	95
7.4 V带传动选用计算	99
7.5 V带轮材料和结构	107
7.6 带传动的张紧	108
7.7 同步带传动简介	109
7.8 链传动概述	110
7.9 链传动的运动特性	114
7.10 滚子链传动的设计计算	116
习题	124
第8章 齿轮传动	125
8.1 齿轮传动的特点和类型	125
8.2 渐开线与渐开线齿廓	128
8.3 渐开线齿轮各部分的名称及尺寸	131
8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合条件	137
8.5 渐开线齿形的加工原理	140
8.6 斜齿圆柱齿轮传动	147
8.7 圆锥齿轮传动	153
8.8 齿轮传动设计	157
习题	175
第9章 蜗杆传动	178
9.1 蜗杆传动概述	178
9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	180
9.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	184
9.4 蜗杆传动的强度计算	185
9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	187
9.6 蜗杆和蜗轮的结构	189
习题	192
第10章 轴和轴毂联接	193
10.1 概述	193
10.2 轴的结构设计	195

10.3 轴的强度计算	199
10.4 轴的刚度计算	205
10.5 轴的振动概念	205
10.6 轴毂联接	206
习题	211
第 11 章 滚动轴承	213
11.1 滚动轴承的结构、基本类型和特点	213
11.2 滚动轴承的计算	219
11.3 滚动轴承的静强度计算	226
11.4 滚动轴承的极限转速	227
11.5 滚动轴承部件结构设计	228
11.6 滚动轴承的润滑和密封	232
11.7 新型轴承简介	234
习题	235
第 12 章 滑动轴承	237
12.1 摩擦、磨损与润滑基础知识	237
12.2 滑动轴承的特点、类型和典型结构	241
12.3 轴瓦的材料和轴瓦结构	244
12.4 滑动轴承的润滑	246
12.5 不完全油膜滑动轴承的设计计算	248
习题	250
第 13 章 螺纹联接	251
13.1 螺纹的类型、参数及应用	251
13.2 螺纹联接的预紧与防松	256
13.3 螺栓组联接的结构设计	258
13.4 螺栓联接的强度计算	260
13.5 提高螺栓联接强度的措施	263
习题	266
第 14 章 联轴器、离合器与制动器	268
14.1 联轴器	268
14.2 离合器	272
14.3 制动器	275
习题	277
第 15 章 弹簧	278
15.1 弹簧的功能	278
15.2 弹簧的类型、特点和应用	278
15.3 弹簧的材料和制造	278

15.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的几何参数和特性曲线	282
15.5 圆柱螺旋弹簧的设计计算	285
习题	289
第 16 章 现代机械设计方法	291
16.1 计算机辅助设计	291
16.2 平面连杆机构的运动分析和机构的运动模拟	293
16.3 带传动设计举例	296
16.4 齿轮传动的优化设计	297
参考文献	299

第1章 绪 论

1.1 课程概述

1.1.1 机械的组成

机械是人类进行物质生产的重要工具,是现代化生产的基础,机械化是社会生产力发展水平的重要标志。先进生产工艺离不开先进的机电设备。今天,机械已经广泛的应用于我们的生产和生活领域。

随着工业的发展,机械产品的种类愈来愈多,常见的有工业上的内燃机、机床、起重机、发电机以及生活中的洗衣机、缝纫机等。图1-1所示为单缸内燃机,它由缸体、活塞、连杆、曲轴、齿轮和凸轮、弹簧、进/排气阀推杆等组成。当燃气推动活塞时,通过连杆将运动传至曲轴,使曲轴连续转动从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。为了保证曲轴连续转动,要求通过进气阀和排气阀将燃气吸入和排出气缸,而进气阀和排气阀的启闭又是通过凸轮、推杆、弹簧等来实现的。

由于现代产品对自身的功能、可靠性、效益等提出了更为严格的要求,因此,随着新兴技术对机械产品的渗透和应用,现代机械产品正在朝着机械、电子、信息一体化技术的方向发展。

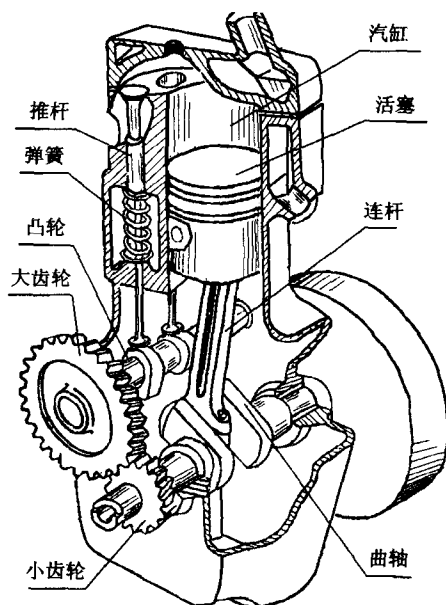


图1-1 内燃机

根据机械的功用不同,可以将它们分为能量变换的动力机械(如内燃机、电动机、发电机和涡轮机等),工作机械(如金属切削机床、飞机、汽车、包装机、运输机和机械手等),信息传递和变换的信息机械(如打印机、绘图机、复印机、照相机和放映机等)三类。

机械是机器和机构的总称。机器是由各种机构组成的机械系统。

机器的主要特征是:①它是人为的实物组合;②各实物间具有确定的相对运动;③能代替或减轻人类的劳动去完成有效的机械功(如机床)或转换机械能以及实现信息传递和变换的功能。

如果只有确定的相对运动,而不能代替人做有用的机械功的构件组合,则称为机构。例如摩托车是机器,而自行车是机构。

1.1.2 机械中的构件和零件

1. 构件

机构是由构件组成的,构件在机构中具有独立的运动特性,在机械中形成一个运动整体。如图 1-2(a)所示的内燃机是由活塞、连杆、曲轴和汽缸等构件构成的一个典型的曲柄滑块机构,其中,原动件活塞作直线往复运动,通过连杆带动曲轴作连续转动。

2. 机械零件

机械都是由机械零件组成的。机械零件是指机械中每一个单独加工的单元体,例如图 1-1 所示的曲轴。构件可以是单一的机械零件,也可以是若干机械零件的刚性组合。例如图 1-2(b)所示的连杆,它是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等零件组合而成的。这些零件之间没有相对运动,是一个运动整体,故属一个构件。因此,构件是运动的单元,零件是制造单元。

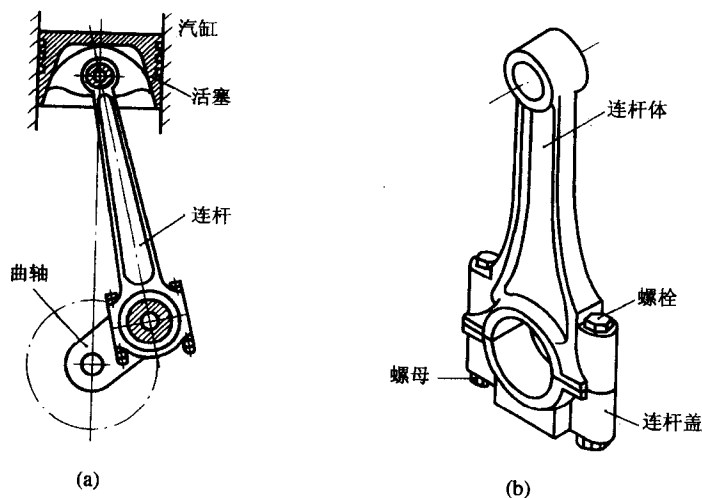


图 1-2 内燃机中的曲柄滑块机构和连杆

随着机械的功能和类型的日益增多,作为组成机械的最基本单元的零件更是多种多样。通常将机械零件分为通用机械零件和专用机械零件两大类。

通用机械零件是指在各类机械中经常使用的零件。按照用途,可将通用零件分为以下几种:

- (1) 联接件。
- (2) 传动件。
- (3) 支承件。
- (4) 缓冲(或控制)件。

专用零件是指仅适用于专门用途的零件,如内燃机的曲轴,活塞,机床刀具等。专用零件的设计问题由有关的专业课程介绍。

此外,为了完成同一使命、在结构上紧密联系在一起的一套协同工作的零件组合,称为部件,例如减速器、联轴器、离合器等。

1.1.3 本课程的内容、性质和学习方法

本课程除了阐述机械的组成和机械设计的基本原则外,主要研究常用的机械传动(如带传动、链传动、螺旋传动、齿轮传动、蜗杆传动等)和常用机构(如连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等),以及通用机械零部件的工作原理、结构特点、材料选择、设计计算方法和选择计算方法,并介绍一些其他基本知识。机电工程技术人员在工作中必然会遇到机械设备的管理、维护和使用等问题,要不断学习先进生产制造工艺技术,进行科技改造和创新。这就要求他们必须具备一定的机械基础方面的知识,才能胜任自己的工作。“机械设计基础”是一门技术基础课程,在学习过程中将综合运用机械制图、工程力学、机械制造工艺学、金属材料学、公差及技术测量等知识来解决实际的机械传动装置和通用机械零部件的设计问题。通过本课程的学习,学生将在机械设计能力、逻辑思维能力、运用规范能力、绘图能力和经验估测能力等方面得到锻炼和提高。

通过学习本课程和课程设计、实验等实践性环节,应达到如下要求:

- (1) 掌握常用机械传动、常用机构和通用零部件的工作原理,结构特点,选择计算和设计计算方法。
- (2) 学会运用机械设计标准、规范、手册、图册,提高查阅有关技术资料的能力。
- (3) 具有设计一般机械传动装置和拟定传动方案的能力。
- (4) 具有正确使用和维护一般机械设备的基本知识。
- (5) 为专业设备的学习打下必要的理论和实践基础。

由于机械设计所涉及的知识面较广且着重于实际应用,因此学生在初学本课程时,总有个逐渐适应的过程,在学习方法上应有一个转变。学习时,应根据机械零部件的工作条件进行具体分析,并要着重了解设计计算的出发点,有关公式中各参数、系数的物理概念及分析和取值方法。必须重视结构设计在确定零部件的形状、尺寸方面的重要性。在学习过程中,应多做练习,熟悉各参数的选择及承载能力的计算方法;并多绘图,掌握结构设计的特点。

1.2 机械设计的基本要求和一般过程

1.2.1 机械设计的基本要求

机械设计是机械的重要组成部分,是机械生产的第一步,是决定机械性能的最主要因素。机械设计的基本要求是:在实现机械运动和动力功能的前提下,做到性能好、效率高、低成本,并具有可靠性高和操作维护方便等要求。设计者应努力实现在各种限定的条件下(如材料、加工能力、理论分析和计算等)设计出较好的机械,即做出优化设计,使设计的机械具有最优的综合技术经济效果。

机械设计是根据使用要求确定机械的工作原理,对机械结构进行运动和动力分析计算

并将其转化为具体的技术资料,作为生产制造依据的工作过程。

从机械系统的整体来看,根据产业技术的不同,形成了不同产业的机械设计分支学科,如汽车设计、飞机设计、船舶设计、内燃机设计、农业机械设计、纺织机械设计和信息机械设计等。但是,这些专业机械设计中有许多是共性技术,如机械整体方案的拟定,机构的运动分析和综合,零部件的动力性能和承载能力计算,以及它们的材料、结构、润滑、密封、工艺性和标准化的确定等,都是机械设计的基础内容。

随着现代科学技术的飞跃发展,许多新的设计思想、方法和手段,如设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元、可靠性设计等,促进了机械设计的革新和发展。

机械设计的水平与整个工业的发展水平是相互制约和相互影响的,没有高水平的机械设计和机械制造技术,就没有高水平的机械工业和相关工业。同样,如果没有先进的电子工业、微电子工业和材料工业,新的材料技术、能源技术、信息技术和体现这些技术群体的现代设计方法就不可能在机械设计中得到应用。

1.2.2 机械设计的一般过程

机械设计没有一成不变的程序,必须视具体情况而定,一般的设计过程如下:

- (1) 明确设计要求(确定设计机械的预期功能、有关指标和限制条件)。
- (2) 调查研究,制定设计方案,绘制机器运动简图(确定机械的工作原理,拟定几种总体布置方案,进行粗略计算,分析比较,选取最佳方案)。
- (3) 进行运动和动力分析,确定主要零部件的运动和动力参数。
- (4) 进行传动零件的设计计算,确定其主要参数。
- (5) 进行零部件结构草图设计,绘制零件工作图,绘制部件装配图和总装图,编制技术文件。

由于影响机械设计质量的因素很多,所以具体设计很难一次成功。以上的设计过程是有机联系、相互交叉进行的过程,而且常常需要多次反复,不断修正。即便是在机械研制完成以后,仍然需要结合制造和使用中出现的问题反复修改设计,以期得到最佳的机械性能。

1.3 机械零件的材料选择

机械零件所用的材料是多种多样的,常用的材料有:钢、铸铁、有色金属、非金属材料等。从各种各样的材料中选择出合适的材料和热处理方式,是机械设计中的一个重要问题,也是一个受到多方面因素所制约的问题。在此后各有关章节中,将分别介绍根据经验而推荐的适用材料。以下仅提出选择材料的一般原则,作为选择材料的依据。

1.3.1 使用要求

按强度条件设计的零件,当其尺寸和重量都受限制时,应选用强度较高的材料;按刚度条件设计的零件,应选用弹性模量较大的材料;若零件表面接触应力较高(如齿轮),应选用可以进行表面强化处理的材料(如调质钢、渗碳钢)。此外,对容易磨损的零件(如蜗

轮), 应选用耐磨性好的材料; 对滑动摩擦下工作的零件(如滑动轴承), 应选用减摩性好的材料; 对高温下工作的零件, 应选用耐热材料; 对腐蚀性介质中工作的零件, 应选用耐腐蚀材料。

1.3.2 工艺要求

所谓工艺要求, 是指选择冷、热加工性能好的材料。零件加工应考虑到零件结构的复杂程度、尺寸大小和毛坯类别。对于外形复杂、尺寸较大的零件, 若采用铸造毛坯, 则应采用铸造性能好的材料; 若采用焊接毛坯, 则应选用焊接性能好的低碳钢, 因为含碳量超过 0.3% 的钢难以焊接; 对于尺寸较小、外形简单、大量生产的零件, 适合冲压或模锻, 应选用延展性较好的材料; 需要热处理的零件, 所选材料应有良好的热处理性能。此外, 还要考虑材料的易加工性, 包括零件热处理后的易加工性能。

1.3.3 经济性要求

在机械的成本中, 材料费用约占 30% 以上, 有的甚至达到 50%, 可见选用廉价材料有重大的意义。选用廉价材料, 节约原材料, 特别是节约贵重材料, 是机械设计的一个基本原则。为了使零件最经济地制造出来, 不仅要考虑原材料的价格, 还要考虑零件制造费用。为此, 可采取如下具体措施:

(1) 尽量采用高强度铸铁(如球墨铸铁)来代替钢材, 用工程塑料或粉末冶金材料代替有色金属材料。

(2) 采用热处理(包括化学热处理)或表面强化(如喷丸、滚压)等工艺, 充分发挥和利用材料潜在的力学性能。

(3) 合理采用表面镀层等方法(如镀铬、镀铜、喷涂减摩层、发黑等), 以减少和延缓腐蚀或磨损的速度, 延长零件的使用寿命。

(4) 采用组合式零件结构, 在零件的工作部分使用贵重材料, 其他非直接工作部分则可采用廉价的材料。例如大直径的蜗轮, 常采用青铜齿圈和铸铁轮芯的组合式结构, 以节约大量的有色金属。

(5) 改善工艺方法, 提高材料利用率, 降低成本。例如采用冷镦锥齿轮代替齿形刨削加工, 实现无切削加工。

(6) 用我国富有元素(锰、硅、硼、钼、钒、钛等)合金钢代替稀有元素(铬、镍等)合金钢。在选用材料时, 还应注意本国、本地区、本企业的材料供应情况, 尽可能就地取材, 减少采购和管理费用。

1.4 机械零件的工作能力和计算准则

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求的性能时称为失效。在不发生失效的条件下, 零件所能安全工作的限度, 称为工作能力。零件失效常见的形式有断裂, 过大的弹性变形或塑性变形, 摩擦表面的过度磨损、打滑、过热, 联接松动, 运动精度达不到要求等。对于传动零件和支承零件, 产生断裂、变形和磨损常是主要的失效形式。对于具体零件,

可能产生的失效形式则由其工作条件和受载情况而定。针对各种不同失效形式,建立判定零件工作能力的条件,称为工作能力计算准则。下面举出几种常用的计算准则。

1.4.1 强度准则

零部件在载荷作用下的工作应力不超过许用应力。

1. 在单向静应力作用下

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \quad (1-1)$$

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (1-2)$$

式中: σ, τ ——构件的工作正应力, 工作剪应力;

$[\sigma], [\tau]$ ——许用应力;

$\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ ——材料的极限应力(对塑性材料取它的屈服极限, 对脆性材料取它的强度极限);

S_{σ}, S_{τ} ——安全系数。

2. 在弯曲和扭转的复合应力作用下

零件的当量应力 σ_e 应不大于许用弯曲应力 $[\sigma]_b$, 即

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{W} \leq [\sigma]_b \quad (1-3)$$

式中: M, T ——弯矩, 扭矩;

α ——扭矩应力循环性质折算系数(详见 10.3.2 节);

W ——剖面的抗弯剖面模量。

3. 在接触应力作用下

为了防止两个作滚滑接触的零件产生接触疲劳失效, 其接触表面在载荷作用下产生的循环交变最大接触应力不允许超过许用接触应力。如图 1-3 所示, 两个圆柱体在接触面中线上的最大接触压应力为 σ_{Hmax} , 可以按照弹性力学赫兹公式计算:

$$\sigma_{\text{Hmax}} = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}} \frac{F_n}{b\rho_r} \quad (1-4)$$

式中: F_n ——两个圆柱体相压的法向载荷, N;

b ——两个圆柱体的接触宽度, mm;

$\rho_r = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 \pm \rho_1}$ ——综合曲率半径, mm, “+”, “-”分别用于外接触和内接触;

ρ_1, ρ_2 ——两圆柱体的曲率半径, mm;

E_1, E_2 ——两圆柱体材料的弹性模量, MPa;

μ_1, μ_2 ——两圆柱体材料的泊松比。

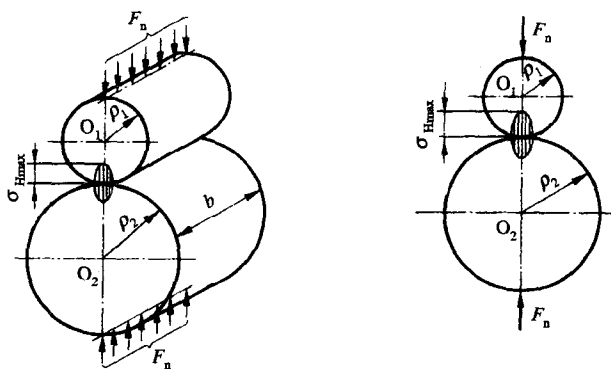


图 1-3 两个圆柱体的接触应力

1.4.2 刚度准则

刚度是指机械零件在载荷作用下,抵抗弹性变形的能力。某些零件如机床主轴、蜗杆轴等零件,刚度不足将产生过大的弹性变形,影响机器的正常工作。设计时应满足的刚度条件为

$$\begin{cases} \varphi \leq [\varphi] \\ y \leq [y] \\ \theta \leq [\theta] \end{cases} \quad (1-5)$$

式中: φ, y, θ ——零件工作时的挠度、转角和扭转角;

$[\varphi], [y], [\theta]$ ——分别为相应的挠度、转角和扭转角的许用值(详见 10.4 节)。

1.4.3 耐磨性准则

磨损是由于表面的相对运动使零件工作表面的物质不断损失的现象,它是机械设备失效的重要原因。耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。由于磨损的损伤机理和表现形式非常复杂,其中主要的影响因素包括零件表面接触应力或压强的大小、相对滑动速度、摩擦副材料和表面的润滑情况等。在机械设计中,耐磨性准则的实质是控制摩擦表面的压强(或接触应力)、相对速度等不超过许用值。例如,对径向滑动轴承,需要限制其平均压强不超过许用值,以防止过度磨损,即

$$p = \frac{F_r}{d \times B} \leq [p] \quad (1-6)$$

式中: F_r ——径向载荷, N;

d, B ——轴承直径, 轴承宽度, mm;

$[p]$ ——轴瓦材料许用压强, MPa。