

高等学校教材

机械 设计基础

■ 李育锡 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等学校教材

机械设计基础

李育锡 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是根据目前教学改革的实际需要,参照目前工科高等院校非机械类及近机械类专业机械设计基础课程教学基本要求而编写的。

全书分为两个部分:第一部分介绍各种常用传动机构和通用零、部件的分析与设计,以及标准零、部件的性能与选用,并介绍了机械的平衡和调速等;第二部分介绍液压传动元件、液压基本回路和液压系统,并对气压传动做了简要介绍。各章均附有一定数量的思考题和练习题。为便于学生做作业,书后还附有部分零件的有关标准。

本书可作为高等院校非机械类、近机械类专业的教材,也可供其他有关专业的师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/李育锡主编. —北京:高等教育出版社,
2007.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 020625 - 8

I. 机... II. 李... III. 机械设计 - 高等学校 - 教材

IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 013837 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 杜惠萍 封面设计 张志奇 责任绘图 朱 静
版式设计 陆瑞红 责任校对 杨凤玲 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 20.5
字 数 500 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
定 价 23.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20625 - 00

前 言

《机械设计基础》是参照目前工科高等院校非机械类及近机械类专业机械设计基础课程教学基本要求,并根据教学改革的实际需要而编写的。

随着科学技术的发展,液压传动的应用越来越普及,各种机械装置、机床、车辆等都是机电液一体化产品,液压传动是机械的重要组成部分。因此,作为工科院校的本科学生,应当具备一定的液压传动知识。

目前,各工科院校非机械类专业本科生通常不开设“液压传动”课程,近机械类专业本科生开设“液压传动”课程的班级也较少,这使得学生在大学里学到的机械知识不完整,缺失了一个重要的组成部分——液压传动。

根据新形势的要求,本书对教学内容进行了重新整合,将液压传动及气压传动合入机械设计基础课程中,适当调整各部分的教学内容和难易程度,使学生通过这门课程的学习对机械设计、液压传动以及气压传动都有不同程度的掌握,以适应新形势下对教学的要求。

在传统的机械设计基础内容方面,从有利于教学这一基本目标出发,删繁求简,着重讲清有关机械设计的基本概念、基本理论和基本方法。强调整体概念,简化理论论证和设计计算,适当扩大知识面,增强与工程实际的联系。

在液压传动及气压传动方面,以液压传动为主,在教学内容上以少而精为原则,使学生通过学习达到清楚液压传动元件的工作原理,能分析液压基本回路,并能看懂简单的液压系统图。对气压传动则仅做简单介绍。

本书力求使全书简明易懂,好教好学和更具启发性。在各章结尾都附有一定数量的思考题和练习题,以帮助学生对课程内容的理解和掌握。为了便于学生做作业,把部分零件的有关标准作为附录编在书后。

在本书编写过程中,编者参考和引用了有关教材的内容和插图,在此对这些教材的编者表示衷心的感谢。参加本书编写工作的有西北工业大学李育锡、谷文韬,长安大学罗宁和陕西科技大学郑展升,并由李育锡任主编。

本书承西北工业大学陈作模教授细心审阅,提出了很多宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

由于水平所限,故不当及漏误之处在所难免,敬请各位教师和广大读者给予批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

第一部分

机械设计基础

第一章 机械设计基础概述	3	§ 5.2 推杆的常用运动规律	65
§ 1.1 机械设计基础研究的对象和内容	3	§ 5.3 凸轮轮廓曲线的设计	69
§ 1.2 机械设计的基本要求和一般过程	5	§ 5.4 凸轮机构的压力角和基圆半径	72
§ 1.3 机械零件的工作能力和计算准则	6	§ 5.5 间歇运动机构	75
§ 1.4 机械零件的疲劳强度和接触强度	7	思考题和练习题	81
§ 1.5 机械零件的常用材料及其选用	10	第六章 齿轮传动	83
§ 1.6 机械零件的结构工艺性	16	§ 6.1 齿轮传动的特点和类型	83
§ 1.7 机械设计中的标准化	21	§ 6.2 渐开线齿廓	84
思考题和练习题	21	§ 6.3 渐开线标准齿轮各部分的名称和 几何尺寸	86
第二章 机构运动简图及平面机构自 由度	22	§ 6.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	89
§ 2.1 机构的组成	22	§ 6.5 渐开线齿轮的加工及变位齿轮的概念	91
§ 2.2 机构运动简图	24	§ 6.6 齿轮的失效形式和齿轮材料	94
§ 2.3 平面机构的自由度	26	§ 6.7 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	97
思考题和练习题	31	§ 6.8 斜齿圆柱齿轮传动	102
第三章 螺旋机构	33	§ 6.9 锥齿轮传动	107
§ 3.1 螺旋机构的组成和螺纹	33	§ 6.10 蜗杆传动	110
§ 3.2 螺旋副中的摩擦、效率及自锁条件	35	§ 6.11 齿轮的结构设计	118
§ 3.3 螺旋机构的类型、应用和特点	38	§ 6.12 圆弧齿轮传动简介	121
思考题和练习题	41	思考题和练习题	122
第四章 平面连杆机构	42	第七章 轮系	125
§ 4.1 概述	42	§ 7.1 轮系及其分类	125
§ 4.2 铰链四杆机构的基本型式及其演化	44	§ 7.2 定轴轮系的传动比	126
§ 4.3 铰链四杆机构的几个特性	51	§ 7.3 周转轮系及其传动比	127
§ 4.4 平面四杆机构的设计简介	55	§ 7.4 轮系的功用	131
思考题和练习题	59	§ 7.5 减速器和变速器	133
第五章 凸轮机构及间歇运动机构	62	思考题和练习题	139
§ 5.1 凸轮机构的特点、应用和分类	62	第八章 带传动及链传动	141
§ 5.2 推杆的常用运动规律	65	§ 8.1 带传动的类型和特点	141
§ 5.3 凸轮轮廓曲线的设计	69		
§ 5.4 凸轮机构的压力角和基圆半径	72		
§ 5.5 间歇运动机构	75		
思考题和练习题	81		

§ 8.2 带传动的工作原理与工作能力分析	143	§ 11.7 滚动轴承组合设计	217
§ 8.3 V带的标准及其传动设计	147	§ 11.8 轴承的润滑和润滑装置	221
§ 8.4 链传动	156	§ 11.9 导轨	223
思考题和练习题	164	思考题和练习题	226
第九章 连接	165	第十二章 轴	228
§ 9.1 概述	165	§ 12.1 轴的分类和材料	228
§ 9.2 螺纹连接	166	§ 12.2 轴的结构设计	230
§ 9.3 键连接、销连接及型面连接	177	§ 12.3 轴的计算	233
§ 9.4 铆接、焊接、胶接简介	183	思考题和练习题	238
思考题和练习题	187	第十三章 弹簧	240
第十章 联轴器、离合器和制动器	189	§ 13.1 弹簧的功用和类型	240
§ 10.1 概述	189	§ 13.2 弹簧的材料和许用应力	241
§ 10.2 联轴器	189	§ 13.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的结构 和特性曲线	243
§ 10.3 离合器	195	§ 13.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计 计算	245
§ 10.4 制动器	198	§ 13.5 其他弹簧简介	248
思考题和练习题	199	思考题和练习题	249
第十一章 支承	201	第十四章 机械的平衡和调速	251
§ 11.1 概述	201	§ 14.1 刚性转子的静平衡和动平衡	251
§ 11.2 滑动轴承的结构和材料	202	§ 14.2 机械的速度波动及其调节原理	255
§ 11.3 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	204	思考题和练习题	257
§ 11.4 液体摩擦滑动轴承简介	206		
§ 11.5 滚动轴承的结构、类型和代号	208		
§ 11.6 滚动轴承的选择	211		

第二部分 液压传动及气压传动

第十五章 液压传动元件	261	§ 16.2 速度控制回路	295
§ 15.1 液压传动概述	261	§ 16.3 其他回路	298
§ 15.2 液压泵和液压马达	263	§ 16.4 液压传动系统	300
§ 15.3 液压缸	270	思考题和练习题	305
§ 15.4 液压阀	273	第十七章 气压传动简介	307
§ 15.5 液压辅助元件	287	§ 17.1 概述	307
思考题和练习题	289	§ 17.2 气源装置及气动元件	309
第十六章 液压基本回路及液压系统	291	§ 17.3 气动基本回路	311
§ 16.1 压力控制回路	291	思考题和练习题	313

附录 314

参考文献 317

第一部分

机械设计基础

机械设计基础概述

§ 1.1 机械设计基础研究的对象和内容

一、几个术语

1) 零件 任何机器都是由许多零件组成的。若将一部机器进行拆卸,拆到不可再拆的最小单元就是零件。如从制造工艺角度来看,零件是加工的最小单元。

2) 构件 一个构件通常是由若干零件组成的,如内燃机中的连杆,其结构如图 1-1 所示,它由连杆体 1、连杆头 2、轴套 3、轴瓦 4、螺栓 5 和螺母 6 等零件组成。这些零件刚性地连接在一起组成一个刚性系统,机器运动时作为一个整体来运动。所以,构件是由若干零件组成的一个刚性系统,是运动的最小单元^①。当然也有的构件仅由一个零件所组成。

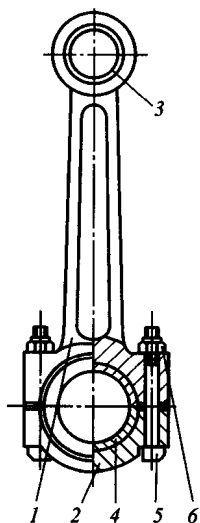


图 1-1 连杆

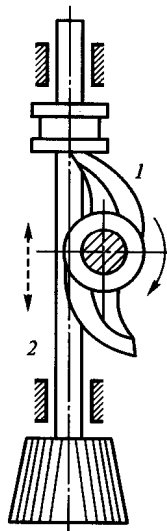


图 1-2 凸轮机构

^① 在机器中除上述的刚性构件外,还有由带、链、绳索等组成的柔性构件,以及在液压和气压传动中的液体构件和气体构件。不过,一般所谓的构件多指刚性构件。

3) 机构 机构是由若干构件组成的一个人为的构件组合体。机构的功用在于传递运动或改变运动的形式。如图 1-2 所示的凸轮机构,能将凸轮 1 的连续回转运动转变为推杆(锤头)2 的往复直线运动;如图 1-3 所示的连杆机构,就是将曲柄 1 的回转运动转变为摇杆 3 的往复摆动;如图 1-4 所示的齿轮机构,则是通过一对相互啮合的齿轮,将轴 1 的回转运动传递给轴 2。

组成机构的各构件之间的相对运动是有规律的(是一个变量或多个变量的函数)。

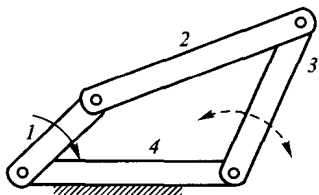


图 1-3 连杆机构

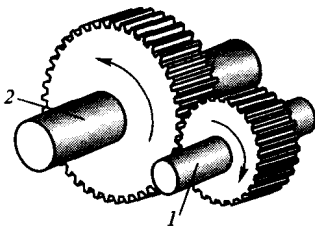


图 1-4 齿轮机构

4) 机器 机器是由若干机构组成的。机器的类型虽然很多,但组成机器的常用机构的类型并不多,如常见的机床、起重机、缝纫机、内燃机等机器,都是由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、带传动等常用机构组合而成的。机器用来变换或传递能量、物料和信息。如电动机或发电机用来变换能量,加工机械用来变换物料的状态,起重运输机械用来传递物料,计算机则用来变换信息等。

5) 机械 一般常将机器和机构总称为机械。

二、机械设计基础研究的对象和内容

机械设计基础部分是研究机械传动及其设计中的一些基础知识,内容主要有以下几个方面:

1. 机械零件常用材料、结构及强度

介绍机械设计的基本要求、计算准则和机械零件的强度。

介绍机械零件常用材料及其选用原则,机械零件的结构工艺性及标准化等。

2. 常用传动机构设计

研究构件组成机构的原理以及各构件间具有确定运动的条件。

对常用机构的运动和工作特点进行分析,并根据一定的运动要求和工作条件来设计机构。

3. 通用机械零件设计

根据使用范围的不同,机械零件可分为两类:一类为广泛用于各种机械的通用零件,如螺钉、键、销、轴、轴承、弹簧、齿轮等;另一类则是只用在某些机械中的专用零件,如风扇的叶片、洗衣机的波轮等。本书只研究通用零件的设计和选用问题,包括零件工作能力设计和结构设计,以及标准零、部件的选用等问题。

4. 有关机械总体设计中的一些问题

有关机械总体设计中的一些问题主要包括机械的平衡和调速。

§ 1.2 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计的基本要求

所设计的机械一般应满足如下要求:

1) 使用要求 所设计的机械应在规定的寿命期限内能正常完成预期的使用功能,这是最主要的要求。

2) 经济要求 所设计的机械设备应在设计、制造和使用的全过程中都有低的成本。为此应采用恰当的设计方法,缩短设计周期;选用适当的原材料,减小设备的尺寸、重量,注意零件的制造和装配工艺性;减少设备在运行中的各种消耗,提高劳动生产率,降低维修管理费用等。

3) 社会要求 操作要方便,使操作者感到安全舒适;要有大方怡人的外形和色彩,具有市场竞争力;要符合国家环境保护等有关法令。

二、机械设计的一般过程

根据设计任务大小的不同,设计过程的繁简程度显然不会一样,但大致要经过如表 1-1 所示的几个阶段。

表 1-1 机械设计的一般过程

阶段	内 容	应完成的工作
计划	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据市场需要,或受用户委托,或由上级下达,提出设计任务。 2. 进行可行性研究,重大的问题应召开有各方面专家参加的评审论证会。 3. 编制设计任务书 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提出可行性报告。 2. 提出设计任务书。任务书应尽可能详细具体,它是以后设计、评审、验收的依据。 3. 签订技术经济合同
方案设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据设计任务书,通过调查研究和必要的试验分析,提出若干个可行方案。 2. 经过分析对比、评价、决策,确定最佳方案 	提出最佳方案的原理图和机构运动简图
技术设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 绘制总装配图和部件装配图。 2. 绘制零件工作图。 3. 绘制电路系统图、润滑系统图等。 4. 编制各种技术文件 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提出整个设备的标注齐全的全套图纸。 2. 提出设计计算说明书、使用维护说明书、外购件明细表等
试制试验	通过试制、试验发现问题,加以改进	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提出试制、试验报告。 2. 提出改进措施
投产以后	设备投产以后,并非设备设计工作的终结,要根据用户的意见、使用中发现的问题,以及市场的变化,做相应改进和更新设计	收集问题,发现问题,改进设计

因为机械设计工作是一项创造性劳动,在设计之初许多问题和矛盾尚未暴露,因而上述的设计过程,一般说不会是一帆风顺的,也不会一次就能依次进行到底,而是不断出现反复和交叉,这是在设计中经常会遇到的正常现象。

§ 1.3 机械零件的工作能力和计算准则

一、机械零件的工作能力

机械零件的工作能力是指在一定的运动、载荷和环境情况下,在预定的使用期限内,不发生失效的安全工作限度。衡量零件工作能力的指标称为零件的工作能力准则。主要准则有:强度准则、刚度准则、耐磨性准则、振动稳定性准则和耐热性准则等。它们是计算并确定零件基本尺寸的主要依据,故称为计算准则。对于具体的零件,应根据它们的主要失效形式,采用相应的计算准则。

二、机械零件的计算准则

1. 强度准则

强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂或塑性变形的能力。强度是保证机械零件工作能力的最基本要求。零件的强度不够,不仅会使机械不能正常工作,还可能导致安全事故。

零件的强度分为体积强度和表面接触强度。零件在载荷作用下,如果产生的应力在较大的体积内,则这种应力状态下的零件强度称为体积强度(通常简称强度)。若两零件在受载前、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)。

若零件的强度不够,就会出现整体断裂、表面接触疲劳或塑性变形等失效而丧失工作能力。所以,设计零件时,必须满足强度要求,而强度的计算准则为

$$\sigma \leq [\sigma] \text{ 或 } \tau \leq [\tau] \quad (1-1)$$

$$[\sigma] = \sigma_{lim} / S \quad ; \quad [\tau] = \tau_{lim} / S_\tau \quad (1-2)$$

式中, σ 和 τ 为零件的工作正应力和切应力; $[\sigma]$ 和 $[\tau]$ 为材料的许用正应力和许用切应力; S 和 S_τ 为正应力和切应力的安全系数; σ_{lim} 和 τ_{lim} 为材料的极限正应力和极限切应力。

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。当零件刚度不足时,过大的弹性变形将会影响机械的正常工作。例如,机床主轴或丝杠弹性变形过大,会影响加工精度;齿轮轴的弯曲挠度过大,会影响一对齿轮的正确啮合。有些零件,如机床主轴、电动机轴等,其基本尺寸是根据刚度要求确定的。刚度的计算准则为

$$y \leq [y]; \theta \leq [\theta]; \varphi \leq [\varphi] \quad (1-3)$$

式中, y 、 θ 和 φ 分别为零件工作时的挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 和 $[\varphi]$ 分别为零件的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3. 耐磨性准则

耐磨性是指作相对运动的零件的工作表面抵抗磨损的能力。当零件的磨损量超过允许值后,将改变其尺寸和形状,削弱其强度,降低机械的精度和效率。因此,机械设计中,总是力求提高零件的耐磨性,减少磨损。

关于磨损的计算,目前尚无可靠、定量的计算方法,常采用条件性计算:一是验算压强 p 不超过许用值,以保证工作表面不致由于油膜破坏而产生过度磨损;二是对于滑动速度 v 比较大的摩

擦表面,为防止胶合破坏,要考虑 p 、 v 及摩擦因数 f 的影响,即限制单位接触表面上单位时间产生的摩擦功不能过大。当 f 为常数时,可验算 pv 值不超过许用值。验算式为

$$p \leq [p] \quad (1-4)$$

$$pv \leq [pv] \quad (1-5)$$

式中, p 为工作表面的压强; $[p]$ 为材料的许用压强; $[pv]$ 为 pv 的许用值。

4. 振动和噪声准则

随着机械向高速发展和人们对环境舒适性要求的提高,对机械的振动和噪声的要求也愈来愈高。当机械或零件受迫振动频率 f_p 等于或趋近于自身的固有振动频率 f_0 时,将产生共振。这不仅影响机械正常工作,甚至造成破坏性事故。而振动又是产生噪声的主要原因。因此,对于高速机械或对噪声有严格限制的机械,应进行振动分析和计算,即分析系统和零件的固有振动频率、受迫振动频率,研究系统的动力特性,分析其噪声源,并采取降低振动和噪声。

具体到每一类型的零件,并不是都需要进行上述计算,而是从实际受载和工作条件出发,分析其主要失效形式,再确定其计算准则,必要时再按其他要求进行校核计算。例如机床主轴,首先根据刚度确定尺寸,再校核其强度和振动稳定性。

§ 1.4 机械零件的疲劳强度和接触强度

一、机械零件的载荷和应力

1. 机械零件的载荷

载荷可分为静载荷和变载荷两类。不随时间变化或变化缓慢的载荷称为静载荷,随时间作周期性变化或非周期性变化的载荷称为变载荷。

在设计计算中,还常把载荷分为名义载荷和计算载荷。名义载荷是根据额定功率用力学公式计算出的载荷,如作用在轴上的外力 F 和外力偶矩 T 等。名义载荷是机器在平稳工作条件下作用在零件上的载荷,它没有反映原动机和工作机实际运转的不均匀性、载荷在零件上分布的不均匀性及其他影响因素。这些因素的综合影响,常用载荷系数 K 来考虑。载荷系数与名义载荷的乘积称为计算载荷,机械零件应按计算载荷进行设计。

2. 机械零件的应力

应力也可分为静应力和变应力两类。不随时间变化或变化缓慢的应力称为静应力,如图 1-5a 所示。随时间变化的应力称为变应力。最基本的变应力为稳定循环变应力,稳定循环变应力有非对称循环变应力、脉动循环变应力和对称循环变应力三种类型,如图 1-5b、c、d 所示。

变应力的最大应力为 σ_{\max} , 最小应力为 σ_{\min} , 其平均应力 σ_m 和应力幅 σ_a 分别为

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (1-6)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (1-7)$$

最小应力和最大应力之比称为变应力的循环特性 r , 即

$$r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \quad (1-8)$$

变应力特征可用上述五个参数中的任意两个来描述。

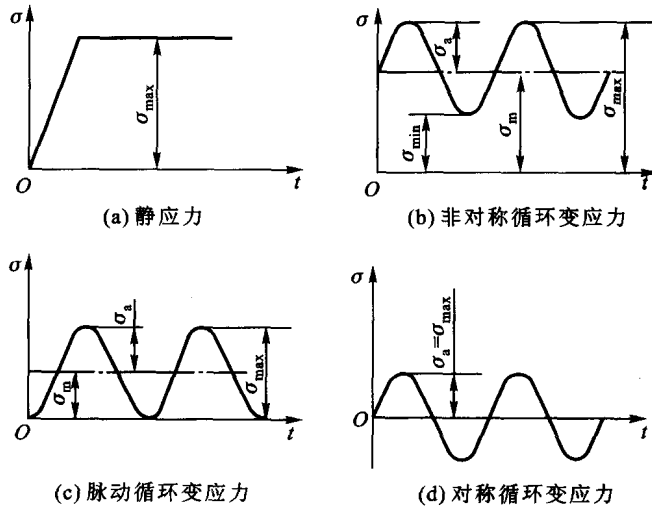


图 1-5 应力的分类

值得注意的是,静应力只能在静载荷作用下产生,而变应力可能由变载荷产生,也可能由静载荷产生。在静载荷下产生变应力的例子如图 1-6 所示。图示为转动轴上 a 点和滚动轴承外圈滚道面上 a 点的变应力变化情况。

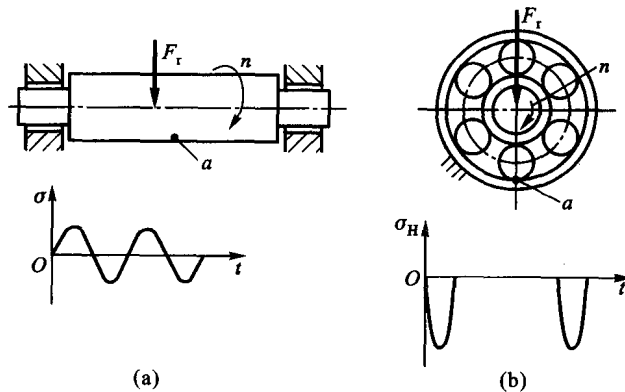


图 1-6 在静载荷下产生变应力

在设计计算中,也常把应力分为名义应力和计算应力。根据名义载荷求得的应力称为名义应力;根据计算载荷求得的应力称为计算应力。

二、机械零件的疲劳破坏和疲劳极限

1. 机械零件的疲劳破坏

在变应力作用下零件的破坏形式与静应力作用下零件的破坏形式不同。变应力作用下的破坏称为疲劳破坏。疲劳破坏产生的过程是在变应力作用下,零件表面首先产生初始裂纹,形成一个或数个疲劳源。在变应力的继续作用下,初始裂纹处的应力集中促使裂纹扩展,使零件的实际

承载面积逐渐减小,直至不能承受外载荷时,导致零件突然发生脆性疲劳断裂。疲劳破坏具有以下特点:①在某类变应力多次作用后突然断裂;②断裂时变应力的最大应力远小于材料的屈服极限;③即使是塑性材料,断裂时也无明显的塑性变形。

由此可见,疲劳破坏不仅仅与应力的大小有关,而且还与应力循环次数和应力循环特性有关。疲劳时的极限应力称为疲劳极限,故在确定疲劳极限时,需考虑上述三方面的因素。

2. 机械零件的疲劳极限

在循环特性为 r 的变应力作用下,经 N 次循环后,材料不发生破坏的应力最大值称为在该循环下的疲劳极限,用 σ_{rN} 或 τ_{rN} 表示。在给定循环特性的条件下,应力循环次数与疲劳极限间的关系曲线,称为疲劳曲线($\sigma-N$ 或 $\tau-N$ 曲线)。典型的疲劳曲线如图 1-7 所示。

由图 1-7 可见,随着应力循环次数 N 的不断增大,疲劳极限 σ_{rN} 逐渐减小,当应力循环次数 $N \geq N_0$ 后,疲劳曲线变为水平线,即疲劳极限不再随应力循环次数的增加而降低,这时的疲劳极限用 σ_r 表示, σ_r 称为持久疲劳极限,即当应力循环特性为 r 时,试件受无数次应力循环而不发生疲劳破坏时的最大应力值。 σ_{-1} 为对称循环变应力下的持久疲劳极限; σ_0 为脉动循环变应力下的持久疲劳极限。不同材料的 σ_{-1} 和 σ_0 可从有关设计手册中查得。 N_0 称为应力循环基数,对于钢和铸铁等材料,通常取 $N_0 = 2 \times 10^6 \sim 10^7$ 次。

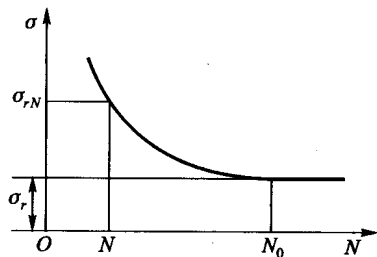


图 1-7 疲劳曲线

由图 1-7 还可看出,疲劳曲线可以分成两个区域: $N < N_0$ 为有限寿命区; $N \geq N_0$ 为无限寿命区。有限寿命区的疲劳曲线方程为

$$\sigma_{rN}^m N = \text{常数} \quad (1-9)$$

式中, m 为与应力状态有关的指数。由上式可知,疲劳极限与相应的应力循环次数有如下关系

$$\sigma_{rN}^m N = \sigma_r^m N_0 \quad (1-10)$$

或

$$\sigma_{rN} = \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} \sigma_r = k_N \sigma_r \quad (1-11)$$

式中, k_N 为寿命系数。在无限寿命区中,应取 $k_N = 1$ 。

三、机械零件的接触强度

在一些零件的工作过程中,理论上两零件间是通过点或线接触传递载荷的(如两齿轮轮齿间的传动),实际上零件受载后在接触部分将产生局部的弹性变形而形成面接触。但其接触面积很小,表层产生的局部应力很大,该应力就称为接触应力。在表面接触应力作用下的零件强度称为接触强度。在设计机械零件时所遇到的接触应力,大多数是随时间变化的。在这种情况下产生的失效属于接触疲劳破坏。接触疲劳破坏的特点是零件在接触应力的反复作用下,首先在表面或表层产生初始疲劳裂纹,然后在滚动接触过程中,由于润滑油被挤进裂纹内而造成高压,使裂纹扩展,最后使表层金属呈小片状剥落下来,在零件表面形成一个个小坑,这种现象称为疲劳点蚀。发生疲劳点蚀后,减小了接触面积,损坏了零件的光滑表面,使其承载能力降低,并引起

振动和噪声。疲劳点蚀是齿轮、滚动轴承等零件的主要失效形式。

影响疲劳点蚀的最主要因素是接触应力的大小,所以只要限制接触应力不超过许用值,一般就不会发生疲劳点蚀破坏。接触应力的分布与计算较为复杂,一般需用弹性力学理论来研究,这里仅以一对圆柱体的接触为例,介绍接触应力的计算公式。

如图 1-8 所示为两个圆柱体相接触,其半径分别为 ρ_1 和 ρ_2 ,法向压力为 F_n 。由于接触表面局部弹性变形,形成长方形接触面积,在接触面上的最大接触应力可用赫兹(H. Hertz)公式计算,即

$$\sigma_{H\max} = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)} \frac{F_n}{b\rho_\Sigma}} \quad (1-12)$$

式中, μ_1, μ_2 分别为两圆柱体材料的泊松比; E_1, E_2 分别为两圆柱体材料的弹性模量(MPa); ρ_Σ 为两圆柱体的综合曲率半径(mm), $\rho_\Sigma = \frac{\rho_1\rho_2}{\rho_1 \pm \rho_2}$,"+"号用于外接触(图 1-8a),"-"号用于内接触(图 1-8b)。

接触疲劳强度条件为

$$\sigma_{H\max} \leq [\sigma_H] \quad (1-13)$$

式中, $[\sigma_H]$ 为许用接触应力(MPa)。

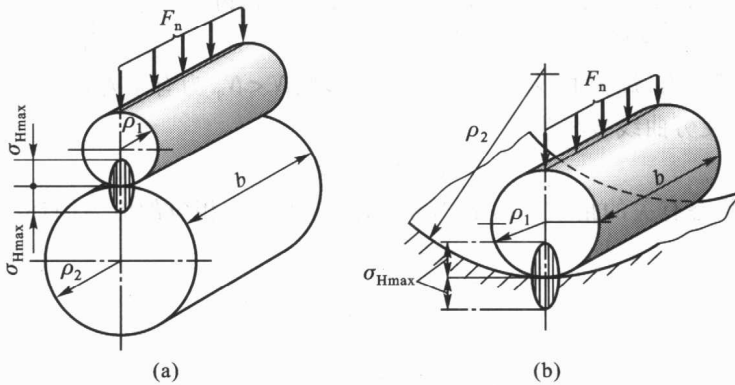


图 1-8 圆柱体的接触应力

§ 1.5 机械零件的常用材料及其选用

一、机械零件的常用材料

制造机械零件的材料目前用得最多的是金属材料,其又分为钢铁材料和非铁材料(如铜、铝及其合金等);其次是非金属材料(如工程塑料、橡胶、玻璃、皮革、纸板、木材及纤维制品等)和复合材料(如纤维增强塑料、金属陶瓷等)。

随着科学技术的飞速发展,材料工业日新月异,新材料不断涌现,材料的品种和规格也不断增多。但目前在机械工业中用来制作机械零件的基础材料仍然是金属材料。下面对其做一简略