



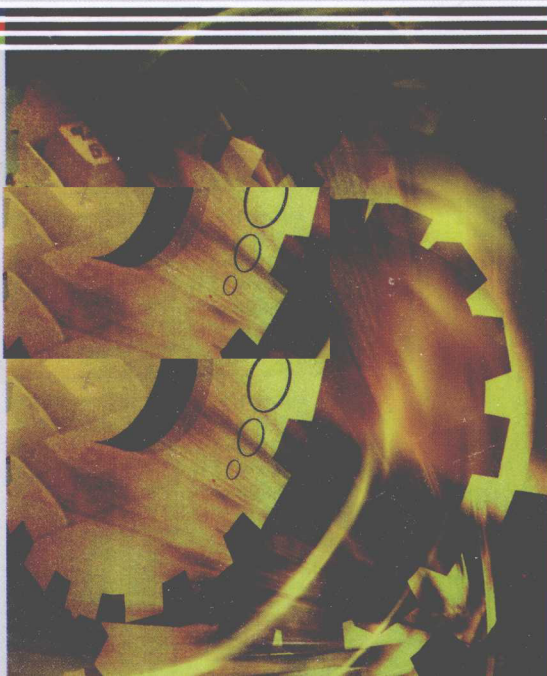
应用型本科院校规划教材/机械工程类

主 编 张 锋 关 晓 冬

机械设计

Mechanical Design

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈爾濱工業大學出版社

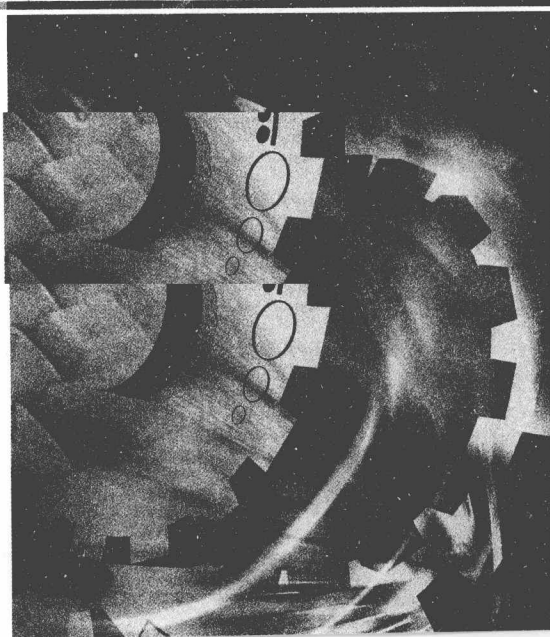


应用型本科院校规划教材/机械工程类

机械设计

Mechanical Design

哈尔滨工业大学出版社



内 容 简 介

机械设计是一门设计性的技术基础课。本书的编写以应用为主,以够用为度,突出应用性。全书共有12章,包括:绪论、机械设计概论、螺纹连接与螺旋传动、挠性件传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴及轴毂连接、联轴器和离合器、滚动轴承、滑动轴承、弹簧和机械传动系统方案设计简介。

本书主要适用应用型本科院校机械类专业学生使用,也可供成人教育学院、电视大学等应用型高等学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/张锋,关晓冬主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5603-3192-8

I. ①机… II. ①张… ②关… III. ①机械设计
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第018054号

策划编辑 田 秋

责任编辑 范业婷 费佳明

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.25 字数 396千字

版 次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3192-8

定 价 34.80元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

做好教材建设是高等教育实施精品战略的重要举措。教育部要求处理好教材的统一性和多样化,形成特色鲜明、一纲多本的高等教育教材体系。为此,我们依据教育部制定的高等学校工科“机械设计课程教学基本要求”和应用型本科院校的人才培养目标及教学特点,并结合参编本教材学校多年来的教学经验编写了此书。

编写此书的指导思想是:

1. 以应用为主,以够用为度,突出应用性。在着重讲清有关机械设计的基本概念、基本理论和基本方法的基础上,强调设计能力的培养,简化理论推导和设计计算。
2. 内容论述力求简明、易懂,主次分明、重点突出。
3. 采用最新国家标准和规范。
4. 精心设计思考题和习题,以利于启迪学生思维、巩固知识、培养能力。

本书按照机械设计总论、常用机械零部件设计和机械系统设计三部分,设有:绪论、机械设计概论、螺纹连接与螺旋传动、挠性件传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴与轴毂连接、联轴器和离合器、滚动轴承、滑动轴承、弹簧和机械传动系统方案设计简介共12章。

参加本书编写的有:哈尔滨工业大学张锋、王连明、李柏松;哈尔滨工业大学华德应用技术学院关晓冬;黑龙江工程学院马慧良;黑龙江科技学院王爱芳。全书由张锋、关晓冬主编,马慧良、王爱芳任副主编,由哈尔滨工业大学宋宝玉教授主审。

本书在编写中得到了编者所在学校同行们的支持,他们提供了许多宝贵的参考意见。特别是宋宝玉教授对本书的编写提出了许多修改意见和建议,对提高本书的质量起到了极大的作用。为此,对他们一并表示衷心地感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,欢迎读者给予批评和指正!

编 者

2010年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械的组成及本课程研究的对象与内容	1
1.2 本课程的性质、地位和任务	2
1.3 本课程的特点和学习方法	3
思考题与习题	4
第2章 机械设计概论	5
2.1 机械设计的基本要求和一般程序	5
2.2 机械零件的载荷和应力	6
2.3 机械零件的主要失效形式和设计计算准则	10
2.4 机械零件的结构工艺性及标准化	12
2.5 摩擦、磨损和润滑基本知识	14
思考题与习题	21
第3章 螺纹连接与螺旋传动	22
3.1 螺纹	22
3.2 螺纹连接的基本类型和标准连接件	26
3.3 螺纹连接的预紧与防松	30
3.4 螺栓组连接的设计	33
3.5 单个螺栓连接的强度计算	39
3.6 提高螺栓连接强度的措施	51
3.7 螺旋传动	53
思考题与习题	59
第4章 挠性件传动	61
4.1 带传动的概述	61
4.2 带传动的基本理论	66
4.3 普通V带传动的设计	71
4.4 链传动的概述	79
4.5 链传动的工作情况分析	82
4.6 滚子链传动的设计	84

思考题与习题	93
第5章 齿轮传动	95
5.1 齿轮传动的概述	95
5.2 齿轮传动的主要失效形式、设计准则和常用材料	96
5.3 齿轮传动的计算载荷	101
5.4 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	101
5.5 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	110
5.6 标准直齿锥齿轮传动的强度计算	112
5.7 齿轮传动的设计	116
思考题与习题	128
第6章 蜗杆传动	130
6.1 蜗杆传动的概述	130
6.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	132
6.3 蜗杆传动的主要失效形式、设计准则和材料选择	138
6.4 普通圆柱蜗杆传动的强度计算	138
6.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	142
6.6 蜗杆和蜗轮的结构设计	145
思考题与习题	148
第7章 轴及轴毂连接	150
7.1 轴的概述	150
7.2 轴的材料及其选择	152
7.3 轴的结构设计	154
7.4 轴的承载能力计算	161
7.5 轴毂连接	167
思考题与习题	172
第8章 联轴器和离合器	174
8.1 联轴器	174
8.2 离合器	180
思考题与习题	186
第9章 滚动轴承	187
9.1 滚动轴承的概述	187
9.2 滚动轴承的类型、代号及类型的选择	188
9.3 滚动轴承的失效形式和计算准则	194

9.4 滚动轴承的寿命计算	195
9.5 滚动轴承的静强度计算	200
9.6 滚动轴承的极限转速	201
9.7 滚动轴承部件的结构设计	202
思考题与习题	215
第10章 滑动轴承	216
10.1 滑动轴承的概述	216
10.2 轴瓦的材料和结构	219
10.3 非流体摩擦滑动轴承的计算	225
10.4 流体摩擦动压径向滑动轴承的计算	228
10.5 滑动轴承用润滑剂与润滑装置	238
思考题与习题	242
第11章 弹簧	243
11.1 弹簧的功用与类型	243
11.2 圆柱螺旋弹簧的材料、结构和制造	245
11.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计	250
思考题与习题	261
第12章 机械传动系统方案设计简介	262
12.1 机械传动系统概述	262
12.2 机械传动系统的方案设计	263
思考题与习题	267
参考文献	268

人类在生产劳动和日常生活中,创造出了各种各样的机械设备,如机床、汽车、起重机、运输机、自动化生产线、机器人和洗衣机等。机械既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产大大提高劳动生产率和产品质量,同时还便于集中进行社会化大生产。因此,生产的机械化和自动化已成为反映当今社会生产力发展水平的重要标志。改革开放以来,我国社会主义现代化建设在各个方面都取得了长足的发展,国民经济的各个生产部门正迫切要求实现机械化和自动化,特别是随着社会科学技术的飞速发展,机械的概念和机械的特征也都有了很大的扩展。现代的机械不仅可以代替人的体力劳动,而且由于人工智能技术的应用,机械还可以代替人的脑力劳动,成为人类智力的延伸。机械的智能化,已是机械制造业发展的主要趋势。这一切都对机械工业和机械设计工作者提出了更新、更高的要求,而本课程就是为培养掌握机械设计基本理论和基本能力的工程技术人员而设置的一门重要课程。随着国民经济的进一步发展,本课程在社会主义建设中的地位 and 作用将显得日益重要。

1.1 机械的组成及本课程研究的对象与内容

1.1.1 机械的组成

生产和生活中的各种各样机械设备,尽管它们的构造、用途和性能千差万别,但一般都是由原动机、传动装置、工作机(或执行机构)和控制系统四大基本部分组成的,有的复杂机器还有辅助系统。例如,图 1.1 所示的带式运输机就是由电动机 1(原动机),联轴器 2、4,齿轮减速器 3,卷筒 5 及输送带 6(工作机)和控制系统 7 所组成。

原动机是机械设备完成其工作任务的动力来源,最常用的是各类电动机;传动装置是将原动机的运动和动力传递给工作机的装置;工作机则是直接完成生产任务的执行装置,其结构形式取决于机械设备本身的用途;而控制系统是根据机械系统的不同工况对原动机、传动装置和工作机实施控制的装置。

从制造和装配方面来分析,任何机械设备都是由许多机械零部件组成的。机械零件是机械制造过程中不可分拆的最小单元,而机械部件则是机械制造过程中为完成同一目

的而由若干协同工作的零件组合在一起的组合体。凡在各类机械中经常被用到的零部件称为通用零部件,例如,螺栓、齿轮、轴、滚动轴承、联轴器、减速器等;而只有在特定类型的机械中才能用到的零部件称为专用零部件,例如,涡轮机上的叶片、往复式活塞、内燃机的曲轴、飞机的起落架、机床的变速箱等。

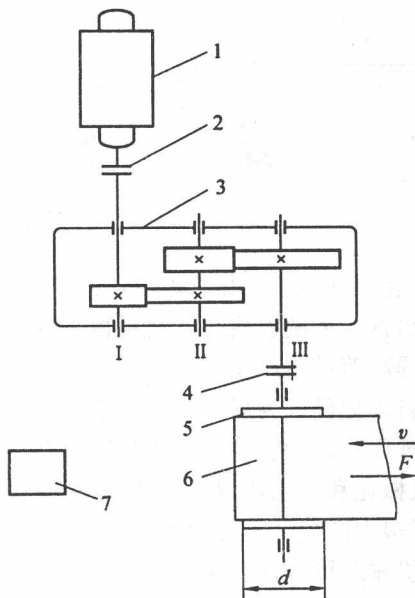


图 1.1 带式输送机

1—电动机;2,4—联轴器;3—二级展开式圆柱齿轮减速器;5—卷筒;6—输送带;7—控制系统

1.1.2 本课程研究的对象与内容

本课程主要从研究一般机械传动装置的设计出发,研究机械中具有一般工作条件和常用参数范围内的通用机械零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论和设计计算方法。

本课程所涉及的内容有:机械设计概论、连接零部件、传动零部件、轴系零部件及其他零部件等五部分。

1.2 本课程的性质、地位和任务

本课程是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。它综合运用工程图学、工程力学、金属工艺学、机械工程材料与热处理、机械精度设计和机械原理等先修课程的知识及生产实践经验,解决通用机械零部件的设计问题,使学生在设计一般机械传动装置或其他简单的机械方面得到初步训练,为学生进一步学习专业课程和今后从事机械设计工作打下基础。因此,本课程在机械类及近机械类教学计划中具有承前启后的重要作用,是一门主干课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- (1) 初步树立正确的设计思想。
- (2) 掌握设计或选用通用机械零部件的基本知识、基本理论和方法,了解机械设计的一般规律,具有设计一般机械传动装置和一般机械的能力,具有一定的工程意识和创新能力。
- (3) 具有计算、绘图、查阅与运用有关技术资料的能力。
- (4) 掌握本课程实验的基本知识,获得实验技能的基本训练。
- (5) 对机械设计的新发展有所了解。

1.3 本课程的特点和学习方法

本课程和基础理论课程相比较,是一门综合性、实践性很强的设计性课程。因此,学生在学习时必须掌握本课程的特点,在学习方法上应尽快完成由单科向综合、由抽象向具体、由理论到实践的思维方式的转变。通常在学习本课程时应注意以下几点。

(1) 要理论联系实际。本课程研究的对象是各种机械设备中的零部件,与工程实际联系紧密,因此,在学习时应利用各种机会深入生产现场和实验室,注意观察实物和模型,增强对机械及通用机械零部件的感性认识,提高分析与解决工程实际问题的能力,从而设计出方案合理、参数及结构正确的机械零部件或整台机械。

(2) 要抓住设计这条主线,掌握机械零部件的设计规律。本课程的内容看似杂乱无章,但是在设计时却都遵循相同的设计规律,只要抓住设计这条主线,就能把本课程的各章内容贯穿起来。一般情况下设计的程序和要考虑的问题是:

- ① 研究要设计的零部件的工作原理、类型、特点及其适用场合;
- ② 对零部件的工作情况进行分析,如受力分析、应力分析等;
- ③ 研究零部件的失效形式和防止发生失效的设计计算准确,并导出相应的设计计算公式或校核计算公式;
- ④ 选择合适的材料及热处理方式,确定材料的机械性能(主要是许用应力);
- ⑤ 按设计公式确定该零部件的主要几何参数和尺寸,或按校核公式校核已经确定的几何参数和尺寸是否满足设计计算准则(主要是强度条件);
- ⑥ 进行零部件的结构设计,绘制零部件工作图。

(3) 要努力培养解决工程实际问题的能力,学会多因素的分析、设计参数多方案的选择、经验公式或经验数据的选用及结构设计的方法,特别是要学会不断修改、逐步完善的设计方法。此外,还要注重培养结构设计能力,这就要求学生要多看(机械实物或模型)、多想、多问、多练,逐步积累结构设计知识,逐步提高结构设计能力。

(4) 要综合运用先修课程的知识,解决工程实际问题。本课程讲授的各种零部件的设计,从分析研究到设计计算,直到完成零部件工作图,要用到多门先修课程的知识,因此,在学习本课程时必须及时复习先修课程的有关内容,做到融会贯通、综合应用。

思考题与习题

- 1-1 分析下列机器的组成:(1) 汽车;(2) 车床;(3) 摩托车。
- 1-2 本课程的性质和任务是什么?
- 1-3 学习本课程应注意哪些问题?

2.1 机械设计的基本要求和一般程序

2.1.1 机械设计的基本要求

机械设计就是根据生产及生活上的某种需要,规划和设计出能实现预期功能的新机械或对原有机械进行改进的创造性工作过程。机械设计是机械生产的第一步,是影响机械产品制造过程和产品性能的重要环节。因此,尽管设计的机械种类繁多,但设计时都应满足下列基本要求。

1. 使用功能要求

所设计的机械应具有预期的使用功能,既能保证执行机构实现所需的运动(包括运动形式、速度、运动精度和平衡性等),又能保证组成机械的零部件工作可靠,有足够的强度和使用寿命,而且使用、维护方便。这是机械设计的基本出发点。

2. 工艺性要求

所设计的机械在满足使用功能要求的前提下,应尽量简单、实用,在毛坯制造、机械加工与热处理、装配与维修诸方面都具有良好的工艺性,而且选用的材料要合理,尽可能地选用标准件。

3. 经济性要求

设计机械时,经济性要求是一个综合指标,它体现于机械的设计、制造和使用的全过程中,因此,设计机械时,应全面综合地进行考虑。

例如:使设计参数最优化,推广标准化、通用化和系列化,改善零部件的结构,从而提高设计、制造的经济性;提高机械的自动化程度,采用适当的防护与润滑等,可提高使用的经济性。

4. 其他要求

例如,劳动保护的要求,应使机械的操作方便、安全,便于装拆,满足运输的要求等。

2.1.2 机械设计的一般程序

设计机械时,应按实际情况确定设计方法和步骤,但是通常都按下列一般程序进行。

1. 确定设计任务书

根据生产或市场的需求,在调查研究的基础上,确定设计任务书,对所设计机械的功能要求、性能指标、结构形式、主要技术参数、工作条件、生产批量等作出明确的规定,是进行设计、调试和验收机械的主要依据。

2. 总体方案设计

设计时应根据设计任务书的规定,本着技术先进、使用可靠、经济合理的原则,拟订出几种能够实现机械功能要求的总体方案。然后就功能、尺寸、寿命、工艺性、成本、使用与维护等方面进行分析比较,择优选定一种总体方案。

设计阶段的设计内容有:对机械功能进行设计研究,确定工作机的运动和动力参数,拟订从原动机到工作机的传动系统方案,选择原动机,绘制整机的机构运动示意图,并判断其是否有确定的运动,初步进行运动学和动力学分析,确定各级传动比和各轴的运动和动力参数,合理安排各个零部件间的相互位置等。

3. 技术设计

根据总体设计方案的要求,对其主要零部件进行工作能力计算,或与同类相近机械进行类比,并考虑结构设计上的需要,确定主要零部件的几何参数和基本尺寸。然后,根据已确定的结构方案和主要零部件的基本尺寸,绘制机械的装配工作图、部件装配图和零件工作图。在这一阶段中,设计者既要重视理论设计计算,更要注重结构设计。

4. 编制技术文件

在完成技术设计后,应编制技术文件,主要有:设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等,这是对机械进行生产、检验、安装、调试、运行和维护的依据。

5. 技术审定和产品鉴定

组织专家和有关部门对设计资料进行审定,认可后即可进行样机试制,并对样机进行技术审定。技术审定通过后可投入小批量生产,经过一段时间的使用实践再作产品鉴定,鉴定通过后即可根据市场需求生产。至此,机械设计工作才告完成。

2.2 机械零件的载荷和应力

2.2.1 载 荷

1. 静载荷与变载荷

作用在机械零件上的载荷,按它的大小和方向是否随时间变化分为静载荷与变载荷两类。不随时间变化或变化缓慢的载荷称为静载荷,如物体重力;随时间作周期性变化或非周期性变化的载荷称为变载荷,前者如内燃机等往复式动力机械的曲轴所受的载荷,后者如支承车身的悬挂弹簧所受的载荷。

2. 名义载荷与计算载荷

根据原动机或工作机的额定功率计算出的作用于机械零件上的载荷称为名义载荷。它是机器在平稳工作条件下作用在机械零件上的载荷,它没有反映载荷的不均匀性及其他影响零件受载的因素。在设计计算时,常用载荷系数 K 来考虑这些因素的综合影响,载

荷系数 K 与名义载荷 F 的乘积称为计算载荷 F_{ca} , 即

$$F_{ca} = KF \quad (2.1)$$

2.2.2 应力

1. 静应力与变应力

大小和方向不随时间变化或变化缓慢的应力称为静应力(图 2.1(a))。零件在静应力作用下可能产生断裂或塑性变形。而大小和方向随时间变化的应力称为变应力(图 2.1(b))。变应力可以由变载荷产生,也可以由静载荷产生,例如在静载荷作用下,转轴中的应力。零件在变应力作用下可能产生疲劳破坏。

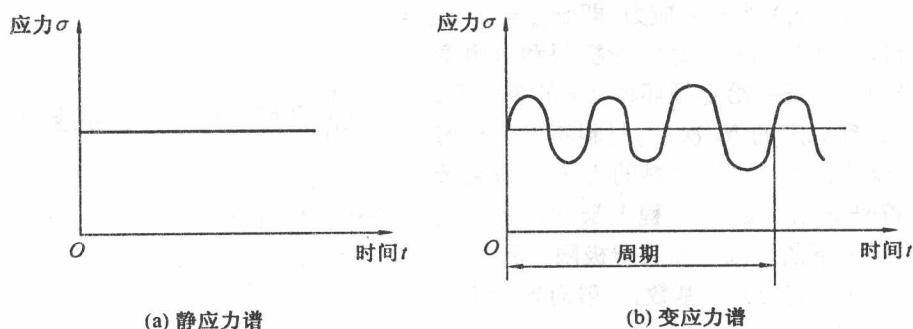


图 2.1 应力谱

周期、应力幅和平均应力保持常数的变应力称为稳定循环变应力(图 2.2)。按其循环特征 $r(r = \sigma_{\min}/\sigma_{\max})$ 的不同,可分为对称循环变应力、脉动循环变应力和非对称循环变应力三种。它们的变化规律见表 2.1。

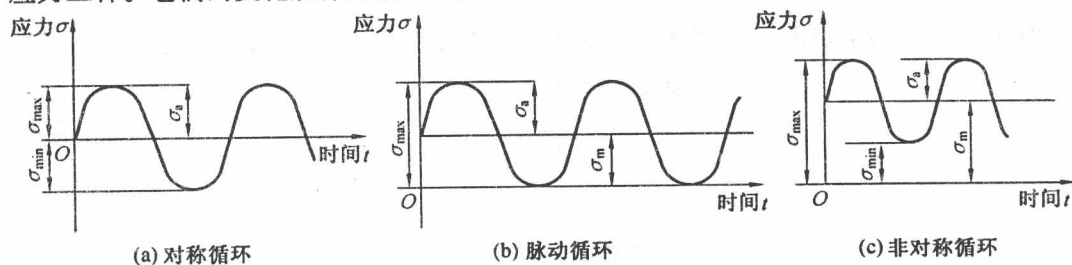


图 2.2 稳定循环变应力谱

表 2.1 稳定循环变应力的变化规律

循环名称	循环特征	应力特点	应力谱
对称循环	$r = -1$	$\sigma_{\max} = -\sigma_{\min} = \sigma_s, \sigma_m = 0$	图 2.2(a)
脉动循环	$r = 0$	$\sigma_m = \sigma_s = \sigma_{\max}/2, \sigma_{\min} = 0$	图 2.2(b)
非对称循环	$-1 < r < 1$	$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_s, \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_s$	图 2.2(c)

当零件受剪切应力 τ 作用时,以上概念仍然适用,只需将 σ 改为 τ 即可。

2. 工作应力与计算应力

根据计算载荷,按照材料力学的基本公式求出的、作用于机械零件剖面上的应力称为

工作应力。

当零件危险剖面上呈复杂应力状态时,按照某一强度理论求出的、与单向拉伸时有同等破坏作用的应力称为计算应力,以符号 σ_{ca} 表示。计算应力的表达式见“材料力学”。

3. 极限应力

按照强度准则设计机械零件时,根据材料性质及应力种类而采用的材料某个应力极限值称为极限应力,以符号 σ_{lim} 、 τ_{lim} 表示。对于脆性材料,在静应力作用下的主要失效形式是脆性破坏,故取材料的强度极限(σ_B 、 τ_B)为极限应力,即 $\sigma_{lim} = \sigma_B$ 、 $\tau_{lim} = \tau_B$;对于塑性材料,在静应力作用下的主要失效形式是塑性变形,故取材料的屈服极限(σ_s 、 τ_s)为极限应力,即 $\sigma_{lim} = \sigma_s$ 、 $\tau_{lim} = \tau_s$,而材料在变应力作用下的主要失效形式是疲劳破坏,故取材料的疲劳极限(σ_r 、 τ_r)为极限应力,即 $\sigma_{lim} = \sigma_r$ 、 $\tau_{lim} = \tau_r$ 。

疲劳极限又分无限寿命疲劳极限和有限寿命疲劳极限。在任一给定循环特征 r 的条件下,应力循环达到规定的 N_0 次后,材料不发生疲劳破坏时的最大应力,称为材料的无限寿命疲劳极限,以符号 σ_r 、 τ_r 表示,工程上最常用的是对称循环变应力下的无限寿命疲劳极限,写做 σ_{-1} 和 τ_{-1} 。 N_0 称为应力循环基数,一般对硬度不大于 350HBW 的钢材,取 $N_0 = 10^7$;对硬度大于 350HBW 的钢材,取 $N_0 = 25 \times 10^7$ 。而在任一给定循环特征 r 的条件下,应力循环 N 次后,材料不发生疲劳破坏时的最大应力,称为材料的有限寿命疲劳极限,以符号 σ_{rN} 、 τ_{rN} 表示。图 2.3

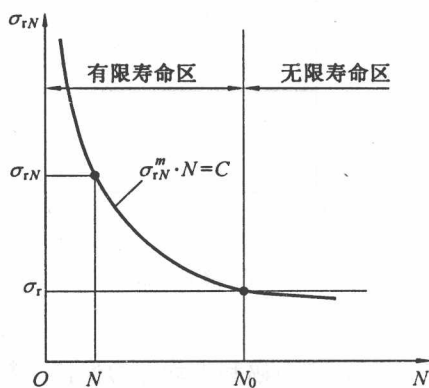


图 2.3 疲劳曲线

为根据疲劳试验结果而绘制的材料疲劳曲线。在有限寿命区,疲劳曲线方程为

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rN}^m \cdot N &= \sigma_r^m \cdot N_0 = C \\ \sigma_{rN} &= \sigma_r \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} = K_N \sigma_r \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

式中 C ——常数;

K_N ——寿命系数, $K_N = \sqrt[m]{N_0/N}$;

m ——取决于应力状态和材料的指数,如钢材弯曲时,取 $m = 9$,钢材线接触时,接触强度计算,取 $m = 6$;

N ——应力循环次数,其取值范围为 $10^3 < N \leq N_0$,取 $N = N_0$; $N \leq 10^3$ 时,按静应力处理。

由于实际零件几何形状、尺寸大小和加工质量等因素的影响,使得零件的疲劳极限要小于材料试件的疲劳极限。影响零件疲劳极限的主要因素有:① 应力集中;② 绝对尺寸;③ 表面状态。

(1) 应力集中对零件疲劳极限的影响

在零件剖面的几何形状突然变化处(如孔、圆角、键槽、螺纹等),局部应力要远远大

于名义应力,这种现象称为应力集中(图 2.4)。应力集中使零件疲劳极限降低的程度常用有效应力集中系数 K_σ 和 K_τ 来表示。

(2) 绝对尺寸对零件疲劳极限的影响

零件的绝对尺寸越大,材料包含的缺陷可能越多,机械加工后表面冷作硬化层相对越薄,因此零件的疲劳极限越低。零件绝对尺寸对零件疲劳极限的影响可用绝对尺寸系数 ε_σ 或 ε_τ 来表示。

(3) 表面状态对零件的疲劳极限的影响

因为疲劳裂纹发生在表面,不同的表面状态(表面质量、强化方法等)对零件的疲劳极限会发生不同影响,通常用表面状态系数 β_σ 和 β_τ 来表示。

由试验得知,应力集中、绝对尺寸和表面状态只对应力幅有影响。考虑了这些因素的综合影响后,零件的对称循环弯曲疲劳极限 σ_{-1e} 为

$$\sigma_{-1e} = \frac{\varepsilon_\sigma \beta_\sigma}{K_\sigma} \sigma_{-1} \quad (2.3)$$

而零件的对称循环扭切疲劳极限 τ_{-1e} 为

$$\tau_{-1e} = \frac{\varepsilon_\tau \beta_\tau}{K_\tau} \tau_{-1} \quad (2.4)$$

4. 许用应力和安全系数

设计零件时,计算应力允许达到的最大值,称为许用应力。常用带方括号的应力符号 $[\sigma]$ 和 $[\tau]$ 来表示。许用应力等于极限应力 $\sigma_{lim}(\tau_{lim})$ 和许用安全系数 $[S_\sigma]$ ($[S_\tau]$) 的比值。即

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{[S_\sigma]}, \quad [\tau] = \frac{\tau_{lim}}{[S_\tau]} \quad (2.5)$$

显然,合理地选择许用安全系数是强度计算中的一项重要工作。其值取得过小则不安全,而取得过大又会使机器尺寸增大,质量增加,经济性差。因此合理的选择原则是:在保证安全可靠的原则下,尽可能选择较小的安全系数。

影响安全系数的因素很多,主要有:计算载荷的准确性、材料性能数据的可靠性、零件的重要程度和计算方法的精确程度等。一般取 $[S] = 1.25 \sim 5.5$,如果材料性能数据可靠,载荷与应力计算准确,零件的重要程度不高,则可取 $[S] = 1 \sim 1.5$ 。

5. 接触应力

当两物体在压力下接触时,若两接触面(或其中一个)为曲面,便在接触处的表层产生很大的局部应力,这种应力被称为接触应力,以符号 σ_H 表示。例如齿轮传动、凸轮机构以及滚动轴承等,它们在工作时,理论上是通过点、线接触传递运动和载荷,而实际上受载后接触处产生局部的弹性变形,呈面接触,但接触面积很小,所以往往在接触处产生很大的接触应力。

本书只讨论线接触时的接触应力计算。设有两个半径分别为 ρ_1 和 ρ_2 的轴线平行的

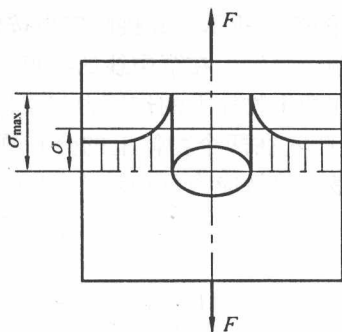


图 2.4 受拉平板的应力集中

圆柱体以正压力 F_n 相压紧, 则其接触处将呈一窄带形, 如图 2.5 所示。其接触应力按椭圆柱规律分布, 最大接触应力发生在窄中线的各点上, 而且, 由于接触应力是在两个物体上的作用力与反作用力的影响下产生的, 因此它在两个物体上的分布规律及数值都是相同的。最大接触应力可按赫兹(Hertz) 公式计算

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_n}{\pi L} \frac{\left(\frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}\right)}{\left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right)}} = Z_E \sqrt{\frac{F_n}{L} \cdot \frac{1}{\rho_\Sigma}} \quad (2.6)$$

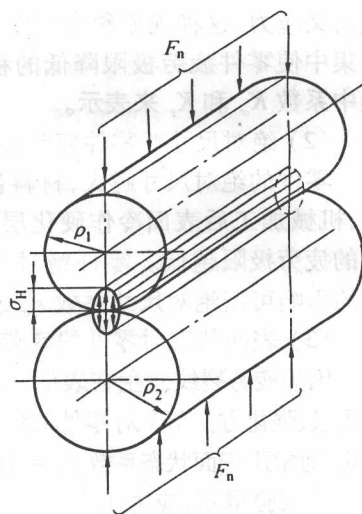


图 2.5 接触应力计算简图

式中 F_n ——正压力, N;
 L ——接触线长度, mm;

ρ_Σ ——综合曲率半径, mm, $\frac{1}{\rho_\Sigma} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}$;

(±)——正号用于外接触, 负号用于内接触;

Z_E ——材料弹性系数, $Z_E = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right) \right]}}$ $\sqrt{\text{MPa}}$, 其中 E_1 、 E_2 分别为

两圆柱体材料的弹性模量, MPa, μ_1 、 μ_2 分别为两圆柱体材料的泊松比。

2.3 机械零件的主要失效形式和设计计算准则

2.3.1 机械零件的主要失效形式

机械零件由于某些原因丧失工作能力或达不到设计要求的性能时, 称为失效。其主要失效形式有如下几种。

1. 断裂

当零件在外载荷作用下, 由于某一危险剖面上的应力超过零件的强度极限而发生的断裂, 例如螺栓被拧断; 或者当零件在循环变应力重复作用下, 由于某一危险剖面上的应力超过零件的疲劳极限而发生的疲劳断裂, 例如齿轮轮齿根部的断裂。

断裂是一种严重的失效形式, 它不但使零件失效, 有时还会导致严重的人身及设备事故, 因此必须避免。

2. 塑性变形

当零件在外载荷作用下, 其上的应力超过了材料的屈服极限时, 就会发生塑性变形, 这会造成零件的尺寸和形状改变, 破坏零件之间的相互位置和配合关系, 使零件或机器不能正常工作, 例如齿轮整个轮齿发生塑性变形就会破坏正确啮合条件, 在运转过程中会产生剧烈振动和大的噪声, 甚至无法运转。