

高等院校现代机械设计系列教材

# 机械设计学习指南

北京市高等教育学会机械设计研究分会 组编

主 编 吴宗泽 肖丽英  
参 编 刘 莹 高 志 刘向锋 滕 启  
主 审 王大康



机械工业出版社

本书是按照教育部组织实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”而编写的。全书共 15 章,包括挠性传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、滚动轴承、滑动轴承、螺纹连接、弹簧、联轴器、离合器,以及传动装置和结构设计等机械设计课程的内容。各章内容安排为:本章主要内容、特点及学习要求;本章学习重点及注意事项;例题;复习思考题;习题(包括填空题、选择题、计算题、结构题等),部分题目给出解答或提示;文献阅读指南及参考文献等部分。本书用于指导学生从事机械设计课程的学习,对于作者在从事本课程教学工作中,学生经常提出的问题给予解答,对于一些深入思考的问题予以提示和分析,对于难点给出容易理解的讲述,通过例题介绍了本课程的解题方法,并引导读者进一步深入理解课程的基本内容和掌握本课程的学习方法。本书也可供从事本课程教学的教师备课参考,或指导参加本课程考试复习使用,也可以用于指导本课程的深入学习。学习本书时可以使用《机械设计教程》(吴宗泽、刘莹主编,机械工业出版社 2004 年出版)所附光盘。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计学习指南 吴宗泽肖丽英主编 北京:机械工业出版社, 2004.8  
(高等院校现代机械设计系列教材)  
陈序群阮文强魏源

I ①机 ②R ③肖 ④机械 ⑤设计—高等学校—教学参考资料 IV ⑥TB ⑦TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 1542 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:刘小慧 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香  
封面设计:张静 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷  
16 开 32 印张·480 千字  
定价:15.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68995199 网络订购:  
http://www.cmpbook.com

封面无防伪标均为盗版

# 高等院校现代机械设计系列教材

## 编 委 会

主任委员	清华大学	吴宗泽
副主任委员	北京工业大学	王大康
	北京科技大学	罗圣国

委 员 (按姓氏笔画为序)

北京理工大学	万小利
北京航空航天大学	王之栋
华北科技学院	田忠友
清华大学	刘 莹
机械工业出版社	刘小慧
北京化工大学	张有忱
中国农业大学	张淑敏
北京科技大学	李 威
北京机械工业学院	姚文席
装甲兵工程学院	韩 玥

# 绪 论

学习绪论的目的在于了解本课程的特点，使学习处于主动地位。机械设计是一门具有工程设计性的技术基础课程，它的内容与体系和学生过去所学的课程有明显的区别：

## 一、课程目的

过去学过的课程多为理论基础课，如物理、理论力学、材料力学等。其目的是教会学生掌握一种自然界的规律，可用于分析和研究许多具体问题。例如掌握了运动学和动力学就可以研究人造卫星的运动，也可以研究汽车的稳定性或投掷运动员的合理动作。即在不同领域广泛运用所掌握的基本原理，解决实际问题。而机械设计工作是根据社会的需要，设计出合乎要求的机械装置，满足社会的需要。本课程就是使学生初步掌握机械设计的能力。

## 二、内容

理论性课程的内容是讲述自然界的定律，而本课程是介绍各种通用零件的常用设计计算方法。设计好一个机械零件要掌握的知识很多，如零件的工作原理、特点和选用原则，常见的失效方式，几何、强度、刚度、散热的计算方法，材料和热处理，润滑，结构尺寸设计，有关标准等。本课程系统地介绍这方面的知识和设计方法。

## 三、方法

许多理论性课程的一般方法是由自然现象出发，经过实验证明或数学推导等，建立定理，然后介绍运用这些定义、定理分析和解决问题。而本课程主要是运用以前课程所学的知识，解决机械设计问题。如在许多机械装置中有减速、变速的要求，本课程将讲述这些装置中常用的机械零件及其设计计算方法。初学者可能会感到不适应，不少学生会觉得头绪多，系统性不明显。如果掌握本课程的特点，以学习机械设计为目的，则会觉得本课程有其自己的体系和思考问题解决问题的典型方法，容易理解和接受，而且在以后的工作中便于举一反三，受益无穷。

## 四、要求

本课程的学习要求有三个不同的层次：

(一) 学习和掌握通用机械零件的常用设计方法，即掌握了本课程教科书的基本内容，这是最基本的要求。

(圆) 具备了设计机械零件的能力,能够借助手册、资料或计算机网络的帮助,设计或选用本课程中没有详细讲述过,甚至没有提到过的机械零件,如滚珠丝杠、齿形带等。

(猿) 通过本课程的学习(包括讲课和课程设计阶段),掌握一般机械设计的基本方法,能分析和解决实际问题。

以上三方面的要求对于一个工程师来说都是必不可少的,也是通过本课程的学习一般学生都可以达到的。问题在于学习本课程的学生应该自觉的努力,深刻理解和体会本课程的要领,并按照它的特点进行学习,以达到更好的效果。

在 1982 年希格利所著的《机械工程设计》一书第 1 版序言中写道:“在大学教育的这个阶段介绍工程专业的内容是适宜的。学生应学会综合和运用工具性和科学知识去完成一项工程任务。现在大学生的课程繁重,故要求我们以最有效的方式来完成上述教学任务。大多数工程教育工作者都认为机械设计比起任何其他专业课程学习来说,综合和运用了更多的工具性和科学知识。机械设计也是机械工程中其他专业课程和设计课程的基础。因此,学习机械设计看来是大学生开始机械工程实践的最有效的方法。”我认为,本课程的名称“机械零件”仅表明了本课程各章讲述的基本内容和形式,而“机械设计”才确切地描述了本课程的最终目的和精髓。本课程的特色在于综合利用各方面的知识解决工程设计问题,所用的方法是系统工程的方法。这也是保证本课程基本内容,提高教学和学习质量的指导思想和检查标准。

这一思想不是学习了绪论就能彻底解决的,学生必须在学习过程中不断深入和领会,通过对具体内容的学习和理论联系实际,解决一些实际问题,使这一指导思想逐渐明确、具体和丰富起来,并进一步指导下一阶段的学习,如此不断反复深入和提高,才能取得很好的学习效果。应该在学习过程中经常看一看绪论,尤其是在全面复习以前,仔细学习绪论,是提高学习质量的有效方法。

在机械设计中,强度、刚度、发热、摩擦学等计算对于确定机械的尺寸和结构起着重要作用,但是能够靠计算决定的只是机械设计工作中很少的一部分,其他许多问题甚至包括确定总体方案的问题,经验还是起着重要作用。有时候,需要通过经验判断问题的所在,再用理论精确计算。

要注意积累经验。不少学生在处理设计问题时,总是说“我们没有经验”。这就要求注意平时积累,例如选择材料受多方面的影响,包括生产批量、生产条件、使用要求和资源情况等。要随时注意向实际学习,从现在开始积累经验。更重要的是把看到、学到、甚至听到的一些零碎的、分散的经验,与自己的理论知识相融合,不断积累,逐渐形成自己的经验,如注意将看到的一些工业产品所用的材料、加工方法、使用效果等进行比较、分析。本课程提供了一些分析的思路、方法等,经过运用,可以帮助读者总结经验,提高工作能力。

要积累工程知识。作为一个好的机械工程师需要积累大量的工程实际和理论知识,本课程介绍的通用机械零部件知识在许多情况下是直接用到的,至于它的方法更具有通用性。要学习机械设计这样的技术基础课程,不是靠掌握几个基本定理或公式就可以解决各种工程设计问题的,一定要掌握大量的、多方面的知识。这是我从事机械设计教学、生产和研究工作几十年的体会,写成本书,作为我的经验总结,介绍给大家,希望有助于年青学生的学习和青年教师的迅速成长,为祖国建设做出贡献。

在本书中的一些思考题、习题,是我长期从事各种活动遇到的问题,来自工厂、科研、各种产品鉴定会、评审项目、进行事故分析、编写考题和试题库、学生的学习体会和一些经常或偶然出现的典型错误、国内外有关教材和资料。这些知识都对我有所启发,经过思考和总结变成了我的经验,成为我在解决问题时的宝贵财富。机械工业出版社和北京机械设计教学研究会委托我写这一本书,我把它作为对社会贡献和我从事本课程教学缘分,总结交流经验的难得机会,努力写好它。欢迎读者在阅读此书后提出宝贵意见。

## 复习思考题

(员) 源层、缘层的高层建筑与 苑层左右的居民楼所使用的电梯,设计要求有什么不同?

(圆) 设计一个档案库的机械设备(也可以作贵重的善本书书库)应提出哪些方面的要求?

【提示】从充分利用空间、查阅取用方便、安全、经济等方面考虑。

(猿) 公共汽车站牌常被破坏,你可否设法改进设计?

(源) 下水道井盖被偷后常造成很大损失,而且引发不少事故,你能否设法解决这一问题?

(缘) 请调查现有的猿个立体车库,画出其简图,并评论其优缺点,提出改进措施。

(远) 在设计中要采用同步带、滚珠丝杠、无刷异步电动机(转速约 员园园转/分)。请在网上查取有关资料。

(苑) 请比较电梯和自动扶梯的特点,各适用于什么场合?

(愿) 有些游戏机在安全方面的考虑有不足之处,你是否研究过,如何提高你所看到的游戏机的安全性能?

(怨) 公共汽车门的开关机构有许多种,采取哪些指标来评价它们的优劣比较合理?

(员园) 城市的生活垃圾处理,应先对垃圾进行压缩再运走,以节省车辆运力。试设计居民生活垃圾压缩用小型机械装置。(清华大学学生设计竞赛题目)。

【要求】通过以上思考题体会机械设计提出问题的思路,什么是社会需求,如何满足社会需求,解决问题的方法和学习要求与以前课程的不同等,从而体会本课程的特点。

### 【附录】 如何阅读参考文献

本书介绍了一些参考文献，在学习本课程时也有不少同学会找一些参考书阅读，这是非常好的。在大学学习阶段，很重要的是培养一种自学的方法和阅读习惯，现代科学技术进展速度很快，如果大学毕业生不能在其工作的学科领域与时俱进，不断学习，充实自己，很快就会落后，甚至无法继续工作。因此可以说阅读参考书是学生的一门必修课。根据我的经验，对于不同的读者阅读参考文献提出以下建议：

(员) 对于初学本课程的学生，除认真阅读教材外，可以阅读一些其他教材，国内教材如书后参考文献[猿- 缘]，国外教材如参考文献[圆- 圆愿]。主要是比较所用教材与参考书的异同，从中对课程内容有更深刻的理解。由于阅读面广，可以避免思维的局限性，有利于开创和创新，尤其在阅读国外教材以后，会有更多的启发。在此基础上可以阅读一些杂志，如《机械设计》、《机械工程学报》、《汽车工程》、《中国机械工程》等，了解所学内容在实际中的应用及其当前的发展。

(圆) 对于从事设计工作的学生或毕业生，建议按设计工作的需要查阅有关手册，如参考文献[猿愿- 猿源]等一般的手册，或参考文献[源- 源愿]等专门的手册。为了提高方案或结构设计能力，可以参考文献[圆- 猿]。对于专业机械的设计(如起重机、自动机械、电梯等)，则应参考专业机械设计著作。

(猿) 对于从事本课程教学或科学研究的人员，则应该按教学内容或科研课题深入阅读有关著作或专著。一般的阅读规律是：先著作(尤其是教材)，因为它的系统性强，容易理解，后论文；先国内，后国外；先近期，后以往。由此逐步深入、扩大。这样，坚持不懈，必定会有收获。

(源) 对学习外语有兴趣的同学，可以选一本英文教材，如参考文献[猿- 猿愿]，按讲课进度选择一些章节阅读，这也是我上学时常用的方法。

## 机械设计总论

### 一、本章主要内容、特点及学习要求

本章主要内容包括以下四方面：

- (员) 机械和机械零部件设计的一般知识；
- (圆) 机械零件的强度计算；
- (獭) 机械设计的材料、热处理和标准化；
- (源) 现代机械设计方法。

这一章的特点是：其内容为一些公共的问题，与后面各章有密切的联系。

在机械设计概述中，对机械设计的意义、典型步骤作了概括的介绍。为了完成这一任务，提出了对设计师的几点主要要求。在总体设计的基础上，进行机械零部件设计。对机械零件设计的内容、要求作了概括性的介绍。失效分析和计算准则是每一个零件设计的核心内容，而计算模型的建立是一个很重要的能力。这些问题在以后各种零件的设计中都要遇到，在此先作一般的了解，随着课程的逐步展开和深入，应该对这些内容有具体的体会。

强度计算是材料力学有关内容的复习和补充。因为机械离不开力和运动，所以许多机械零件都是因疲劳而失效。在此重点讲述了有关疲劳强度计算的知识。此外齿轮、滚动轴承等工作面都是点、线接触，接触强度计算经常遇到，因此也作了简单的介绍。

设计各种机械零部件都要选择材料，而热处理对于重要的零件起着非常关键的作用，虽然有的学生已经学过金属学和热处理课程，但是在遇到具体问题时还是不会处理。选择材料的三个原则是：满足使用要求、工艺要求、经济性要求。对解决机械设计一般问题也可以参考使用。应该深入领会，举一反三。

在机械设计中还经常遇到标准化问题。零件标准化，部件通用化，产品系列化，都属于标准化的内容。在选择零件主要参数或选择常用零部件时会用到大量的标准，这是作为一个机械设计师必须十分熟悉的工作。

## 二、本章重点及学习注意事项

在学习本章时，要把它作为一个开始，结合以后的学习，逐渐做到：初步建立机械设计概念，逐步深入掌握设计方法，结合实践复习有关课程，学会使用手册查取资料。

机械产品设计有三种类型，即：

开发性设计——机械产品的工作原理和具体结构都是新的。

适应性设计——工作原理和设计方案保持不变，作局部改变或增加一些功能。

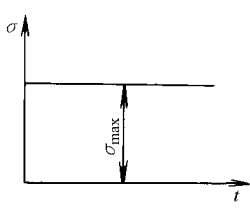
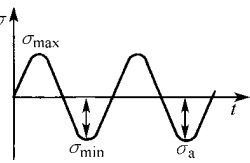
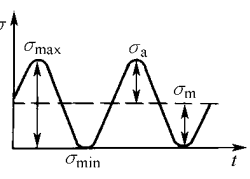
变型设计——只改变一些具体参数或结构。

对开发性设计的典型步骤应该有所了解，以作为学习零部件设计应具有的总体概念和入门，而本书重点放在技术设计和施工设计，没有这些基础，方案设计是难以落实的，这是一个使认识逐渐深入的过程。

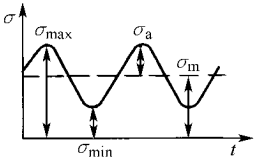
在学习这一章时，最花时间的应该是“机械零件的疲劳强度计算”，它是本章的学习重点。下面对此作一些说明。

### 稳定循环变应力的表示方法和基本参数(表 1-1)

表 1-1 稳定循环变应力的名称、简图和特点

应力名称	简图	应力循环特性 $r$	应力特点
静应力(对比用, 不属于变应力)		恒应力	$\sigma_{静应力}$ 越大, $\sigma_{静应力}$ 越圆
对称循环变应力		原应力	$\sigma_{对称}$ 越原, $\sigma_{对称}$ 越圆 $\sigma_{对称}$ 越大
脉动循环变应力		圆应力	$\sigma_{脉动}$ 越圆, $\sigma_{脉动}$ 越圆 $\sigma_{脉动}$ 越大

(续)

应力名称	简图	应力循环特性 则	应力特点
非对称循环变应力		$\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ $\sigma_{\text{静}}$	$\sigma_{\text{静}}$ 越( $\sigma_{\text{静}}$ 恒 $\sigma_{\text{静}}$ )轴 $\sigma_{\text{静}}$ 越( $\sigma_{\text{静}}$ 原 $\sigma_{\text{静}}$ )轴

注：此表给出了三种典型的应力变化情况，即应力循环特性 则为 恒 原 原 原，在疲劳强度计算中，常把一般的变应力近似地按其中一种应力变化计算。材料的相应强度写作： $\sigma_{\text{静}}$  (或  $\sigma_{\text{静}}$ )、 $\sigma_{\text{原}}$ 、 $\sigma_{\text{原}}$ 。  
 非对称循环变应力可以认为是静应力  $\sigma_{\text{静}}$  与对称循环变应力  $\sigma_{\text{原}}$  的组合。

### 材料的疲劳强度特性

疲劳强度计算常用的重要公式是  $\sigma_{\text{静}} \leq \sigma_{\text{原}} \cdot \sigma_{\text{原}}^{\frac{1}{m}}$  悦

式中， $\sigma_{\text{静}}$  为循环特性为 则 应力循环次数为  $N$  的疲劳强度； $\sigma_{\text{原}}$  为循环特性为 则 循环次数  $\geq N_0$  的疲劳强度； $N_0$  为循环基数。

建立此式的依据是试件的疲劳实验。所得结果如图 苑 图中  $N < N_0$  时，按静应力计算， $N_0 < N < N_1$  时按低周疲劳强度计算， $N > N_1$  时，按高周疲劳强度计算。

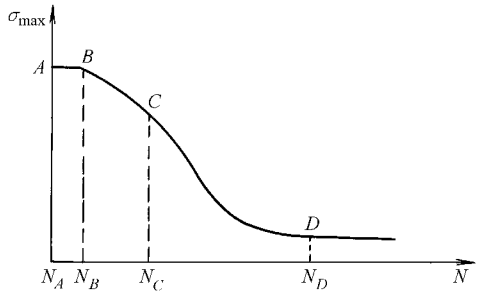


图 苑 材料的疲劳特性曲线  
 ( $\sigma_{\text{静}}$  原,  $\sigma_{\text{静}}$  原,  $\sigma_{\text{静}}$  原)

机械零件的有限寿命设计和无限寿命设计

机械零件应力循环次数  $N \leq N_0$  时，按有限寿命设计。取有限寿命疲劳极限  $\sigma_{\text{静}}$  越 则， $K$  为寿命系数。应力循环次数  $N > N_0$  时，按无限寿命设计，即取  $\sigma_{\text{静}}$  越 则， $K$  越 则， $\sigma_{\text{静}}$  越 则 进行计算。

### 材料的极限应力线图(图 苑)

按此图取许用应力和计算安全系数。要求能在已知  $\sigma_{\text{原}}$ 、 $\sigma_{\text{原}}$ 、 $\sigma_{\text{原}}$  的情况下，画出此图。重点掌握 悦 常数时的安全系数计算方法(参见本书例题 苑)。由  $\sigma_{\text{原}}$  求对称循环和脉动循环疲劳强度的经验计算公式，如表 苑

在图 苑中， $\sigma_{\text{静}}$  悦 悦 悦 的坐标依次是(  $\sigma_{\text{原}}$  )、(  $\sigma_{\text{原}}$  )、(  $\sigma_{\text{原}}$  )。其中  $\sigma_{\text{静}}$  悦 悦 悦 线以下，为安全区，以上为危险区。 $\sigma_{\text{静}}$  悦 悦 悦 为疲劳失效的界线应力，

即为静强度失效的界线应力。而零件的极限应力线图如图 15-12 所示。二者的区别是：将图 15-11 中  $A$ 、 $D$  两点的纵坐标除以零件的弯曲疲劳的综合影响系数  $K_{\sigma}$ ，得到  $A'$ 、 $D'$ ，式中  $K_{\sigma}$ 、 $\beta$  分别代表应力集中、尺寸、表面质量对疲劳强度的影响系数。

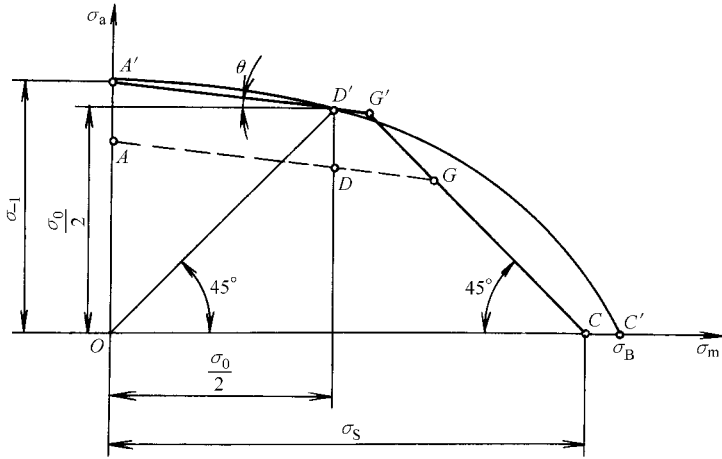


图 15-11 材料的极限应力线图

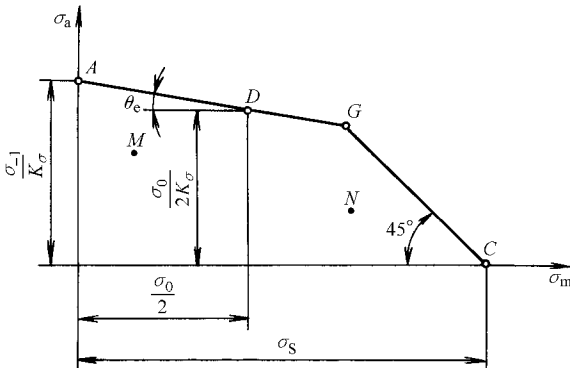


图 15-12 零件的极限应力线图

表 1-1 常用材料极限强度的近似关系<sup>①</sup>

材料名称	极限强度					
	对称应力疲劳极限			脉动应力疲劳极限		
	拉压疲劳极限 $\sigma_{原}$	弯曲疲劳极限 $\sigma_{原}$	扭转疲劳极限 $\tau_{原}$	拉压脉动疲劳极限 $\sigma_{原}$	弯曲脉动疲劳极限 $\sigma_{原}$	扭转脉动疲劳极限 $\tau_{原}$
结构钢	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$
铸钢	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$
铝合金	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$	$\approx \frac{\sigma_{原}}{2}$		

① 见参考文献[1]第 1 卷。

单向循环变应力下零件的疲劳强度(常数)

在此种应力状态下的疲劳强度条件为  $\frac{\sigma_{原}}{\sigma} \geq S$

式中， $S$  为计算安全系数； $\sigma_{原}$  为零件的极限应力； $\sigma$  为零件所受实际工作应力； $S$  为许用安全系数。在图 1-1 中，点  $A$  表示零件的极限应力  $\sigma_{原}$ ，点  $B$  表示零件所受实际工作应力  $\sigma$ 。由图可知

而  $\frac{\sigma_{原}}{\sigma} \geq S$ ， $\frac{\sigma_{原}}{\sigma} \geq S$ ， $\frac{\sigma_{原}}{\sigma} \geq S$

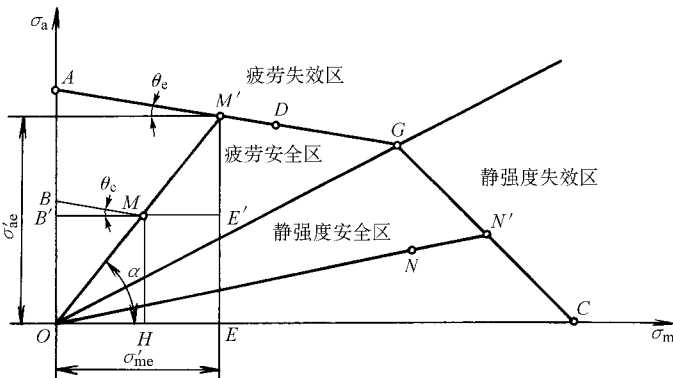


图 1-1 单向循环变应力零件的极限应力线图

在此  $\sigma_m$ 、 $\sigma_a$  为零件的工作平均应力和应力幅(即 点之坐标), 与其对应的 点的坐标为  $\sigma_{m0}$ 、 $\sigma_{a0}$ , 即与工作应力具有相同应力循环特性 则的界限应力。由此可知, 应力幅与平均应力具有相同的安全系数。  $\sigma_{r0}$  (静) 是对称循环的界限应力, 而 可以看作是和工作应力  $\sigma_m$ 、 $\sigma_a$  联合作用相当的当量对称循环工作应力。 与 之比也等于安全系数 。因此用此图可以说明 的物理意义。又 越, 其中 越, 所以 可以看作是平均应力  $\sigma_m$  转化成对称循环变应力的值, 由三角形 可得, 越, 伊, 而 越, 由图 可导出:  $\psi_\sigma = \frac{\sigma_{r0}}{\sigma_m}$ 。由此可知  $\psi_\sigma$  的物理意义: 把平均应力  $\sigma_m$  转化成对称循环变应力的转化系数。

$$由此得到拉压(或弯曲)安全系数计算公式  $n \geq \frac{\sigma_{r0}}{\psi_\sigma \sigma_a}$$$

上式可以这样理解: 安全系数  $n$  等于材料的对称循环疲劳极限  $\sigma_{r0}$  与零件的应力幅  $\sigma_a$  之比。但是  $\sigma_a$  受各种因素的影响, 所以要乘以系数  $\psi_\sigma$ , 而平均应力相当于静应力, 对疲劳的影响较小, 化作当量对称循环变应力时乘以  $\psi_\sigma$ 。将上式中  $\sigma$  改作  $\tau$  即可得到剪切计算的安全系数计算公式。其安全系数用  $n$  表示。

对于  $\sigma_m$  越和  $\sigma_m$  越的两种情况, 主要注意点 和 在极限应力图中的关系, 如何找出 点, 安全系数等于哪两个量之比, 以及这种计算方法用于何种情况(应用实例)。

### 双向稳定循环变应力下零件的疲劳强度

根据钢材的双向应力疲劳实验, 得到在法向应力  $\sigma$  和切向应力  $\tau$  作用时的合成计算安全系数  $n_{ca}$  计算公式

$$n_{ca} = \frac{n_s}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}}$$

### 规律性不稳定单向循环变应力下零件的疲劳强度计算

计算的依据是 假说和由  $\sigma_m$  越常数 悦的关系式导出的等效循环次数计算公式。

$$N_{ca} = \sum_{\sigma_i} \left( \frac{\sigma_i}{\sigma_a} \right)^{2m}$$

用  $N_{ca}$  可求寿命系数  $n_{ca} = \sqrt{\frac{N_0}{N_{ca}}}$ 。

### 现代设计方法简介

1950年以后, 在传统的机械设计基础上, 不断出现各种新的设计理论与方法, 我国统称为“现代设计方法”。在大型机械设计手册中都有专册作较详细的

介绍(如文献[源]第 员卷,文献[缘]第 缘远卷)。学习本课程时只要求对其中几种常用方法有初步了解,其中一些方法有专门的选修课程。

(员) 机械优化设计 以最优理论 and 现代计算技术为基础,用电子计算机求得最佳的设计方案、结构或参数。包括建立数学模型、选择优化计算方法、上机求解等步骤。

(圆) 机械可靠性设计 可靠性是表示产品质量的重要指标之一,用可靠度表示。可靠度是产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的概率。

(猿) 计算机辅助机械设计(悦粤) 利用计算机软、硬件系统辅助设计师进行工程设计,以提高设计的速度和质量。

(源) 有限元法(云云) 把机械零件划分为若干单元,单元之间仅靠节点连接,并在一些节点处承受载荷,由平衡关系、能量关系和变形协调条件建立方程式,用计算机求解可得零件内的应力分布。也可以求解流体问题或温度场问题。

### 三、例题

例题 员 查手册求直径为 员皂皂的 源钢经调质热处理后的  $\sigma_{\text{遭}}$   $\sigma_{\text{杂}}$  并由计算公式求出它的  $\sigma_{\text{原}}$   $\sigma_{\text{园}}$   $\tau_{\text{原}}$   $\tau_{\text{园}}$   $\psi_{\sigma}$ 、 $\psi_{\tau}$ ,画出它的弯曲疲劳强度极限应力图。

【解】 由手册查得 源钢,经 愿益 淬火, 愿益 回火后,抗拉强度  $\sigma_{\text{遭}}$  越 愿 兆帕,  $\sigma_{\text{杂}}$  越 愿 兆帕。由表 员 圆,可求得

$$\text{拉压 } \sigma_{\text{原}} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{遭}}}{\sigma_{\text{园}}} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\sigma_{\text{园}} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{遭}}}{愿} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\text{弯曲 } \sigma_{\text{原}} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{遭}}}{愿} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\sigma_{\text{园}} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{遭}}}{愿} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\text{扭转 } \tau_{\text{原}} \text{ 越 } \frac{\tau_{\text{遭}}}{愿} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\tau_{\text{园}} \text{ 越 } \frac{\tau_{\text{遭}}}{愿} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿 \text{ 兆帕}$$

$$\text{拉压 } \psi_{\sigma} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{园}}}{\sigma_{\text{原}}} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿$$

$$\text{弯曲 } \psi_{\sigma} \text{ 越 } \frac{\sigma_{\text{园}}}{\sigma_{\text{原}}} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿$$

$$\text{扭转 } \psi_{\tau} \text{ 越 } \frac{\tau_{\text{园}}}{\tau_{\text{原}}} \text{ 越 } \frac{愿}{愿} \text{ 越 } 愿$$

按以上结果画出弯曲疲劳强度极限应力图,如图 员 圆所示。

例题 员 接上题,若零件的噪 越 愿,  $\epsilon_{\sigma}$  越 愿,  $\beta$  越 愿,画出校正后的



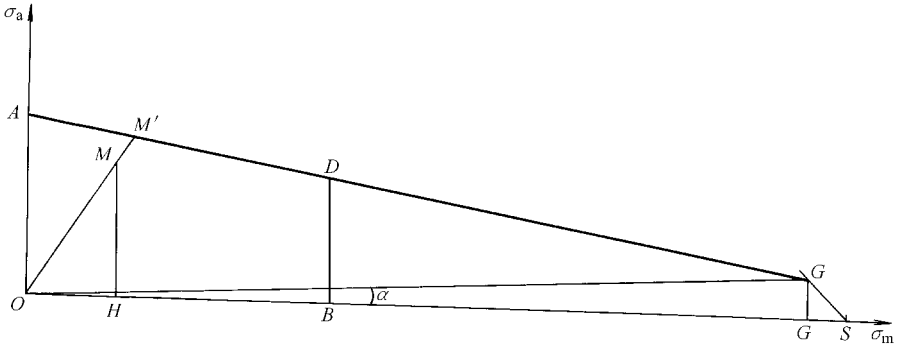


图 1-10 用图解法求安全系数

$$n = \frac{\sigma_{\text{极限}}}{\sigma_{\text{名义}}}$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{极限}}}{\sigma_{\text{名义}}}$$

由图测量得  $n = \frac{OG}{OS}$

$$n = \frac{OG}{OS}$$

(求 点坐标。α 角、则值用例题 1-10 公式。

$$n = \frac{\sigma_{\text{极限}}}{\sigma_{\text{名义}}}$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{极限}}}{\sigma_{\text{名义}}}$$

式中

$$\psi_{\sigma} = \frac{\sigma_{\text{极限}}}{\sigma_{\text{名义}}}$$

例题 1-10 有一受变应力的机械零件，其应力循环特性  $r$  为常数。求当  $r$  值在什么范围内，此零件应按疲劳强度计算。

【解】 此零件的极限应力线图如图 1-10 所示。

直线 AG 的方程式

$$\frac{\sigma_{\text{名义}}}{\sigma_{\text{极限}}} = \frac{\sigma_{\text{名义}}}{\sigma_{\text{极限}}}$$

化简上式得

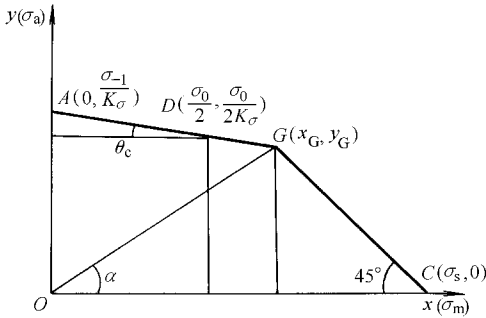


图 10-1 零件的极限应力线图

$$\frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{运}} = \text{原赠越曾} \left( \frac{\text{圆}}{\text{运}} \frac{\text{原}}{\text{原}} \frac{\sigma_{\text{原}}}{\sigma_{\text{原}}} \right)$$

代入  $\psi_{\sigma}$  越  $\frac{\text{圆}}{\text{运}} \frac{\text{原}}{\text{原}} \frac{\sigma_{\text{原}}}{\sigma_{\text{原}}}$  得

$$\frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{运}} = \text{原赠越曾} \sigma_{\text{原}} \quad (\text{员圆})$$

直线 别脱的方程式

$$\text{赠越} \sigma_{\text{原}} \quad (\text{员圆})$$

联立上二方程式求解得 郎点坐标 ( $\sigma_{\text{原}}$ ,  $\sigma_{\text{原}}$ )

$$\sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}, \quad \sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}$$

由图可知

$$\sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}, \quad \sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}$$

由上式可得 韵线相当的循环特性 则

$$\text{则越} \frac{\text{员原} \sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \sigma_{\text{原}}}$$

又

$$\sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}, \quad \sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}$$

代入上式得

$$\text{则越} \frac{\sigma_{\text{原}} (\text{员原} \psi_{\sigma})}{\sigma_{\text{原}} (\text{员原} \psi_{\sigma})}$$

当 则 则时, 零件应按疲劳强度计算。

$$\sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}, \quad \sigma_{\text{原}} = \frac{\sigma_{\text{原}}}{\text{员原} \psi_{\sigma}}$$