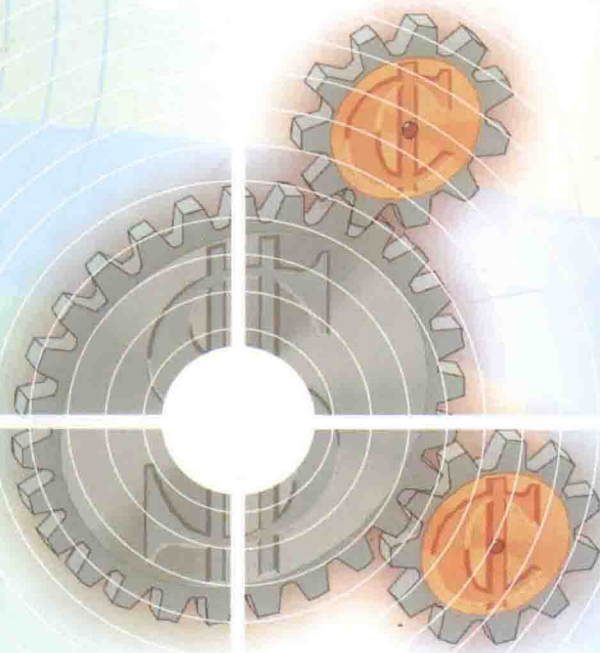


21世纪高等教育规划教材（机械工程类）

机械设计基础

王淑坤 等 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等教育规划教材

机械设计基础

王淑坤 等编著



西南交通大学出版社

• 成 都 •

内 容 简 介

本书将“机械原理”与“机械零件”课程内容有机地结合在一起,适应了当前高校教改需要。各章内容基本上按照工作原理、结构、强度计算、使用及维护的体例编写。全书除绪论外,共分为15章内容,包括机械零件设计概论、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、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、带传动、链传动、联接、轴承、轴、机械的调速与平衡、其他常用零部件等。

经审定,本书可作为本科层次高等院校近机类专业教材,同时亦可供高职、高专、成人高校用,还可供有关工程技术人员业务学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 王淑坤等编著. —成都:西南交通大学出版社,2007.4

21世纪高等教育规划教材

ISBN 978-7-81104-541-3

I. 机… II. 王… 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 023163 号

21 世纪高等教育规划教材

Jixie Sheji Jichu

机 械 设 计 基 础

王淑坤 等编著

*

责任编辑 张华敏

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

安徽蚌埠市广达印务有限公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:10.75

字数:272 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-541-3

定价:22.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

编审说明

为了适应高等院校机械工程类专业教改需要,我们组织长春理工大学部分专家教授,根据1995年原国家教育委员会审定的高等工业学校《机械设计基础教学基本需要》,总结高等工科院校“机械设计基础”课程的教学经验和需求,并结合实际教学需要及经验,编写了这部《机械设计基础》教材。

本书在编写过程中,编者力求做到精选内容,便于学习,利于教学和“少而精”的原则,阐述问题深入浅出,增强了本书的可读性。在内容安排上,从机械设计整体出发,将机械原理与机械零件的相关内容融为一体。编写内容着重于基本知识、基本理论和基本方法的阐述,同时注意设计构思和技能的培养。全书适用于32~64学时的少学时教学。

本书采用了法定的计量单位及最新国家标准。

参加本书编写工作的有:长春理工大学李启海(第3~4章);长春理工大学刘悦(第5~7章);其余各章由长春理工大学王淑坤编写,全书由王淑坤统稿。

本书在编写过程中,作者参阅和引用了部分院校的教材、有关机械设计手册和资料,谨向相关作者和出版社表示诚挚的谢意。

限于编者水平,书中定有不妥之处,敬请广大读者和有关专家学者不吝批评指正,并将宝贵意见反馈作者。

21 世纪高等教育规划教材编审指导委员会

2007 年 4 月

目 录

第1章 绪 论	(1)
§ 1.1 本课程研究的对象和内容	(1)
§ 1.2 本课程的性质和任务	(2)
§ 1.3 机械设计的基本要求和一般过程	(3)
§ 1.4 机械工业发展的现状	(3)
思考题	(4)
第2章 机械零件设计概论	(5)
§ 2.1 机械零件的设计准则	(5)
§ 2.2 机械制造中常用材料及其选择	(7)
§ 2.3 许用应力和安全系数	(8)
§ 2.4 机械零件的工艺性和标准化	(10)
思考题	(11)
第3章 平面机构的结构分析	(12)
§ 3.1 平面机构的组成	(12)
§ 3.2 平面机构的运动简图	(13)
§ 3.3 平面机构的自由度	(15)
思考题	(18)
第4章 平面连杆机构	(20)
§ 4.1 连杆机构及其传动特点	(20)
§ 4.2 平面四杆机构的基本类型及其演化	(21)
§ 4.3 平面四杆机构的基本知识	(24)
思考题	(26)
第5章 凸轮机构	(27)
§ 5.1 凸轮机构的应用和分类	(27)
§ 5.2 从动件的常用运动规律	(28)
§ 5.3 凸轮轮廓曲线的设计与加工	(31)
思考题	(35)
第6章 间歇运动机构	(36)
§ 6.1 棘轮机构	(36)
§ 6.2 槽轮机构	(37)
§ 6.3 不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构	(39)
思考题	(40)
第7章 齿轮传动	(41)
§ 7.1 齿轮传动的应用和类型	(41)

§ 7.2	齿廓啮合的基本定律	(42)
§ 7.3	渐开线及渐开线齿轮	(43)
§ 7.4	渐开线标准齿轮的各部分名称及其基本尺寸	(44)
§ 7.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(47)
§ 7.6	渐开线齿轮的加工方法和齿廓根切现象	(49)
§ 7.7	齿轮传动的失效形式及设计准则	(51)
§ 7.8	齿轮材料及其选择原则	(52)
§ 7.9	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(53)
§ 7.10	斜齿圆柱齿轮传动及其强度计算	(58)
§ 7.11	直齿圆锥齿轮传动及其强度计算	(62)
§ 7.12	齿轮的结构设计	(66)
	思考题	(68)
第 8 章	蜗杆传动	(69)
§ 8.1	概 述	(69)
§ 8.2	圆柱蜗杆传动的主要参数及其几何尺寸计算	(70)
§ 8.3	蜗杆传动的强度计算	(73)
§ 8.4	蜗杆传动的热平衡计算	(76)
§ 8.5	蜗杆、蜗轮的材料及结构	(77)
	思考题	(79)
第 9 章	轮 系	(80)
§ 9.1	定轴轮系及其传动比的计算	(80)
§ 9.2	周转轮系及其传动比的计算	(81)
*§ 9.3	复合轮系的传动比	(83)
§ 9.4	轮系的功用	(84)
§ 9.5	减速器	(86)
	思考题	(88)
第 10 章	带传动	(89)
§ 10.1	概 述	(89)
§ 10.2	带传动的工作情况分析	(91)
§ 10.3	普通 V 带传动的设计计算	(93)
§ 10.4	V 带轮的结构设计	(99)
§ 10.5	带传动的张紧装置	(100)
	思考题	(101)
第 11 章	链传动	(102)
§ 11.1	链传动的特点和应用	(102)
§ 11.2	传动链条和链轮	(102)
§ 11.3	链传动的运动分析	(104)
§ 11.4	链传动的设计计算	(105)
§ 11.5	链传动的布置、张紧和润滑	(109)
	思考题	(110)

第 12 章 联 接	(111)
§ 12.1 螺纹联接	(111)
§ 12.2 键联接和花键联接	(121)
§ 12.3 焊 接	(124)
思考题	(125)
第 13 章 轴 承	(126)
§ 13.1 滑动轴承的结构	(126)
§ 13.2 轴瓦的结构和材料	(127)
§ 13.3 润滑剂及润滑装置	(128)
§ 13.4 滚动轴承的结构和代号	(129)
§ 13.5 滚动轴承的选择	(131)
§ 13.6 滚动轴承的设计计算	(132)
§ 13.7 滚动轴承的组合设计	(138)
§ 13.8 滚动轴承的润滑和密封	(141)
思考题	(143)
第 14 章 轴	(144)
§ 14.1 概 述	(144)
§ 14.2 轴的结构设计	(145)
§ 14.3 轴的设计计算	(147)
思考题	(149)
第 15 章 机械的调速与平衡	(151)
§ 15.1 机械速度波动的调节	(151)
§ 15.2 机械的平衡	(153)
思考题	(155)
第 16 章 其他常用零部件	(156)
§ 16.1 联轴器	(156)
§ 16.2 离合器	(159)
思考题	(161)
参考文献	(162)

第1章 绪 论

§ 1.1 本课程研究的对象和内容

在人们的生产和生活中,广泛地使用着各种机器,如缝纫机、洗衣机、复印机、各种机床、汽车、拖拉机以及起重机等。

图 1-1 为单缸内燃机,它由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、推杆 8 等组成。燃气推动活塞 2 做往复直线移动,运动经连杆 3 转变为曲轴 4 的连续转动,凸轮 7 和推杆 8 用来控制进、排气阀。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各关闭一次,利用固定在曲轴上的齿轮 5 带动固定在凸轮轴上的齿轮 6 来实现。这样通过燃气在气缸内的进气—压缩—爆燃—排气过程,将燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能。

图 1-2 所示为颚式破碎机,由偏心轴 1、连杆 2、肘板 3 和 4、动颚板 5、定颚板 6 等组成。偏心轴转动,进而使动颚板产生平面运动,与定颚板一起实现压碎物料的功能。

从以上两个例子可以看出,各种机器的具体结构型式和用途虽然不同,但它们却存在着共同的特征:

- (1) 都是一种实物的人为组合体;
- (2) 各部分之间具有确切的相对运动;
- (3) 可用于转换或传递物料、能量和信息等。

同时具备上述三个特征的称为机器,仅具备前两个特征的则称为机构。因此,所谓的机构就是多个实物的人为组合体,用来传递运动和动力,实现预期的机械运动。机器中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。如图 1-1 所示的内燃机中就包含着由气缸体 1、活塞 2、连杆 3 和曲轴 4 组成的连杆机构;由齿轮 5 和 6 组成的齿轮机构;由凸轮 7 和推杆 8 组成的凸轮机构等。由此可见,机器是由一个或多个机构组成,但从运动的观点看,二者并无差别,工程上统称为“机械”。

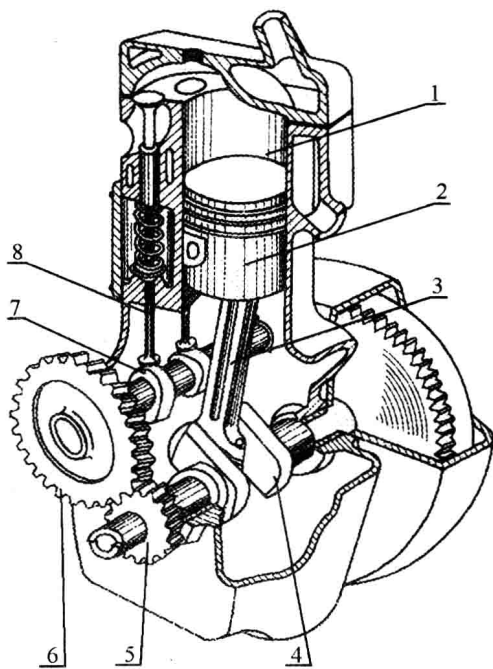


图 1-1 单缸内燃机

机械中不可拆的制造单元体称为“零件”,如内燃机中的曲轴、齿轮、活塞等。机械中的零件分为两类:一类称为通用零件,是在各类机械中经常可以遇到,具有同一功用及性能的零件,如螺纹联接件、键、带、齿轮、蜗杆、蜗轮、链、轴、轴承、联轴器、弹簧等;另一类为专用零件,它只在特定型式机械上出现,如内燃机的活塞、汽轮机的叶片、农业机械中的犁铧等。

本课程名为“机械设计基础”,顾名思义,其研究的对象为“机械”,其研究的内容则是有关机械设计的基础知识。本课程实际上是将机械专业的两大专业基础课程,即机械原理和机械零件中的

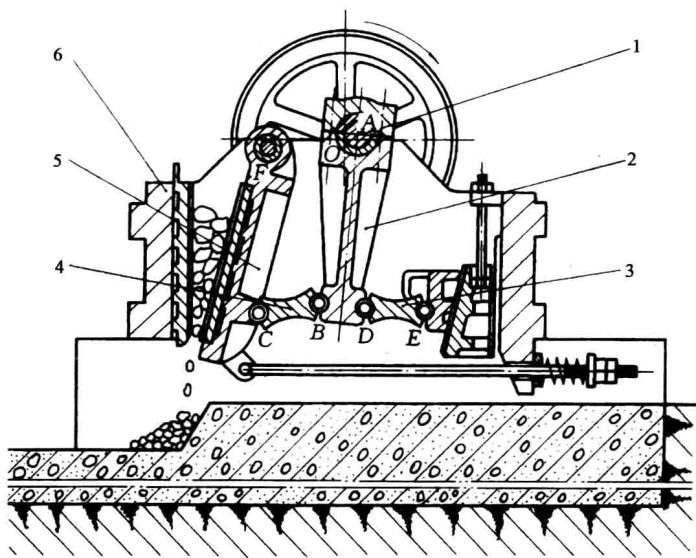


图 1-2 颞式破碎机

基本知识加以有机地组合。在机械原理部分,主要研究机构的结构分析、几种最常用的机构(平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构)的组成形式、运动特性和选用原则以及机械动力学的基本知识;在机械零件部分,主要研究各通用机械零件的特点、结构及工作原理、选用原则、使用及维护、设计和计算方法,并介绍有关的国家标准和规范。

§ 1.2 本课程的性质和任务

1.2.1 本课程的性质

随着现代生产的飞速发展,除机械制造部门外,各种工业部门,如土建、电力、石油、化工、矿山、冶金、纺织、食品加工、包装等,都会接触到各种类型的通用机械和专用机械,这些工业部门的技术人员应当具备一定的机械基础知识。因此,机械设计基础如同工程制图、电工学、工程力学等一样重要,是高等学校工科有关专业的一门技术基础课。

1.2.2 本课程的任务

现代世界各国之间的竞争非常激烈,而且主要表现在综合国力的竞争。要提高我国的综合国力,就要在一切生产部门实现生产的机械化和自动化,这就需要创造出大量的、种类繁多的、新颖优良的机械来装备各行各业,为各行各业的高速发展创造有利条件。任何新技术、新成果的获得,莫不有赖于机械工业的支持,机械工业是一个国家综合国力发展的基石。因此,本课程就是为培养横向人才创造有利条件,其具体任务表现在如下几点:

- (1)使学生了解常用机构及通用零部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识。
- (2)使学生掌握常用机构的基本理论和设计方法,掌握通用零部件的失效形式、设计准则与设计方法。
- (3)使学生具备机械设计实验技能和选用、分析、设计简单机械及传动装置的基本技能。

§ 1.3 机械设计的基本要求和一般过程

设计是把各种先进技术成果转化为生产力的一种手段和方法,是和人类的生产生活紧密相关的。机械设计是创造性地实现具有预期功能的新设备,或改进现有设备,使其具有新的性能。

设计机械应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低、造型美观;在预定的使用期限内安全可靠,操作简单、维修方便等。

机械设计的过程是一个复杂的过程,因而很难给出一个严格统一的模式。然而,作为一个产品的设计,从系统论的角度上,大体上可分为四个步骤进行,即:产品规划、方案设计、技术设计和施工设计。产品规划阶段的主要任务是市场调查、预测,提出可行性报告,制订产品开发计划书;方案设计阶段的主要任务是拟定若干可行的原理方案,并进行相应的论证,最后提出一个最佳的方案;技术设计阶段的目标是产生零件工作图、部件装配图及总体装配图;施工设计阶段的任务是虚拟装配(必要时包括样机的试制等),编制技术文件、机器设计说明书、使用说明书、标准件明细表等。

§ 1.4 机械工业发展的现状

当今世界正经历着一场新的技术革命,新概念、新理论、新方法、新工艺不断出现。作为向各工业部门提供装备的机械工业,也得到了迅猛发展。现代机械工业日益向高速、重载、高精度、高效率、低噪音等方向发展,对机械提出的要求也越来越苛刻。有的需用于宇宙空间,有的要在深海作业,有的小到能沿人体血管爬行,有的又是庞然大物,有的速度数倍于声速,有的又要作微米级的微位移,等等。处于机械工业发展前沿的机械设计各学科,为了适应这种情况,新的研究课题与日俱增,新的研究方法日新月异。当前在自控机构、机器人机构、仿生机构、柔性及弹性机构和机电气液综合机构等的研制上有很大进展。在对机械的分析与综合中,也由只考虑其运动性能过渡到同时考虑其动力性能、考虑机械在运转时构件的振动和弹性变形、运动副中的间隙和构件的误差对机械运动及动力性能的影响以及如何对构件和机械做好动力平衡的问题等。

在连杆机构方面,重视了对空间连杆机构、多杆多自由度机构、连杆机构的弹性动力学和连杆机构的动力平衡的研究;在齿轮机构方面,发展了齿轮啮合原理,提出了许多性能优异的新型齿廓曲线和新型传动,加速了对高速齿轮、精密齿轮、微型齿轮的研制;在凸轮机构方面,十分重视对高速凸轮机构的研究。为了获得动力性能好的凸轮机构,在凸轮机构推杆运动规律的开发、选择和组合上做了很多工作。此外,为了适应现代机械高速度、高节拍、高性能的需要,还发展了高速高精度分度机构,具有优良综合性能的组合机构,以及各种机构的变异和组合等。

在机械零件的设计方面也不断地涌现出新的设计方法。目前,在对机械的分析和综合中日益广泛地应用了计算机,发展并推广了计算机辅助设计、优化设计、考虑误差的概率设计。提出了多种便于对机械进行分析和综合的数学工具,编制了许多大型通用或专用的计算程序。基本上实现了以动态取代静态、以定量和变量取代了定性和常量、以优化设计取代了可行性设计、以并行设计取代了串行设计、以系统工程法取代了部分处理以及实现了自动化等。此外,随着现代科学技术的发展,测试手段的日臻完备,也加强了对机械的实验研究。

总之,作为机械各学科,其研究领域十分广阔,内涵非常丰富。每年都有大量的内容新颖的文献资料涌现。但是,作为一门技术基础课程,根据教学要求,我们只研究有关机械的一些最基本的常识及最常用的机构分析和综合的方法。

思 考 题

1. 试说明机械、机构的特征,并各举一例。
2. 说明专用零件和通用零件的区别,并指出缝纫机中哪些是通用零件和专用零件。
3. 试说明构件与零件的关系。

第2章 机械零件设计概论

§ 2.1 机械零件的设计准则

机械设计应该满足的主要要求是:在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低;在预定使用期限内,安全可靠、操作方便、维修简单以及造型美观等。

设计机械零件时,也必须认真考虑上述要求。概括地说,所设计的机械零件既要工作可靠又要成本低廉。具体地讲,这些主要要求有:足够的强度和刚度,有一定的耐磨性、耐腐蚀性,无强烈的振动以及耐热性等。如果其中某些要求得不到满足的话,机器就不能正常工作,我们常称为失效。所以,这些要求通常被视为衡量机械零件工作能力的准则。

机械零件虽然有多种可能的失效形式,但归纳起来最主要的是强度、刚度、耐磨性、稳定性和温度的影响等几个方面的问题。对于各种不同的失效形式,相应地有各种工作能力判定条件。例如,当强度为主要问题时,按强度条件判定,即计算应力 $\leq$ 许用应力;当刚度为主要问题时,按刚度条件判定,即变形量 $\leq$ 许用变形量……因此,判定条件可概括为:计算量 $\leq$ 许用量。这种为防止失效而制订的判定条件,通常称为工作能力计算准则。

设计机械零件时,常根据一个或几个可能发生的主要失效形式,运用相应的判定条件,确定零件的形状和主要尺寸。

机械零件的设计常按下列步骤进行:

- (1)拟定零件的计算简图;
- (2)确定作用在零件上的载荷;
- (3)选择合适的材料;
- (4)根据零件可能的失效形式,选用相应的判定条件,确定零件的形状和主要尺寸,应当注意的是,零件尺寸的计算值一般并不是最终采用的数值,设计者还要根据制造零件的工艺要求和标准、规格加以圆整;
- (5)绘制零件的工作图并标注必要的技术条件。

以上所述为设计计算,在实际工作中,也常采用相反的方式——校核计算。它是首先参照实物(或图纸)和经验数据,初步拟定零件的结构和尺寸,然后再用有关的判定条件进行验算。还应注意,在一般机器中,只有一部分零件是通过计算确定其形状和尺寸的,而其余的零件则仅根据工艺要求和结构要求进行设计。

现在仅对一些主要的设计准则加以简述。

2.1.1 强 度

强度是机械零件工作能力的最基本的准则,如果零件的强度不足,就会产生断裂或过大的塑性变形,这将影响机器的正常工作。为了保证有足够的强度,零件必须具有合理的结构和尺寸。但也要避免不必要地增大零件尺寸,徒然增加机器的重量和外廓尺寸以及成本等。

在理想的平稳工作条件下,作用在零件上的载荷称为名义载荷。然而在机器运转时,零件还会

受到各种附加动载荷,通常用引入载荷系数 K 的办法估计这些因素的影响。载荷系数与名义载荷的乘积称为计算载荷。强度准则表示为零件的危险截面处的计算应力 (σ, τ) 不超过许用应力 $([\sigma], [\tau])$, 即

$$\left. \begin{array}{l} \sigma \leq [\sigma] \\ \tau \leq [\tau] \end{array} \right\} \quad \text{而} \quad \left. \begin{array}{l} [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \\ [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S} \end{array} \right\} \quad (2-1)$$

式中, $\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ 分别表示极限正应力和极限切应力; S 为安全系数。

2.1.2 耐磨性

零件抵抗磨损的能力称为耐磨性。零件磨损后会改变结构形状和尺寸,因而使机器的精度降低,效率下降,出现振动和噪声以及零件的强度减弱。据统计,约 80% 的损坏零件是因磨损而报废的,可见研究零件耐磨性具有极为重要的意义。磨损现象是相当复杂的,其中包括物理、化学和机械等方面的原因。磨损的分类方法也很多,下面就从磨损机理的角度简要介绍机械中常见的磨损类型。

(1) 磨粒磨损 硬质颗粒或摩擦表面上硬的凸峰,在摩擦过程中引起的材料脱落现象称为磨粒磨损。硬质颗粒可能是零件本身磨损造成的金属微粒,也可能是外来的尘土杂质等。摩擦面间的硬粒,能使零件表面材料脱落而留下沟纹。

(2) 粘着磨损(胶合) 加工后的零件表面总有一定的粗糙度,摩擦表面受载时,实际上只有部分峰顶接触,接触处压强很高,能使材料产生塑性流动。若接触处发生粘着,滑动时会使接触表面材料由一个表面转移到另一个表面,这种现象称为粘着磨损。所谓材料转移是指接触表面擦伤和撕脱,严重时摩擦表面可能相互咬死。

(3) 疲劳磨损(疲劳点蚀) 在直接接触并相对作滚动或滚动兼有滑动的两个构件的接触表面上,如凸轮、齿轮等,受载时零件表层有很大的接触应力,当载荷重复作用时,常会出现表层金属呈小片状剥落,而在零件表面形成小坑,这种现象称为疲劳磨损。

(4) 腐蚀磨损 在摩擦过程中,零件与周围介质发生化学反应或电化学反应的磨损,称为腐蚀磨损。

实际工程中,影响磨损的因素有很多,如载荷的大小和性质、相对滑动速度的大小、润滑剂的化学性质和物理性质等,但又不能准确地估计出来,因此现在按磨损计算零件的方法只能是条件性的,而不能十分精确。常用的有限制接触面之间的压强以及限制发热量等。

2.1.3 刚度

刚度是指在一定工作条件下,零件抵抗弹性变形的能力。有些零件除了要具有足够的强度以外,还要有一定的刚度,即其弹性变形不能超过容许的限度。例如机床的主轴、电动机的轴等都必须具有一定的刚度,以保证正常的工作。所以有些零件的最终尺寸往往是由刚度条件确定的。相反地,也有一些零件(如弹簧等)是不容许有过大的刚度的,即要求零件具有一定的柔度。

2.1.4 振动稳定性

机器发展的趋势是提高工作速度和减轻结构重量,这样,在机器中就容易发生振动现象。当机器的自振频率与周期性干扰力变化频率相同时,就要发生共振,这时振幅急剧增大,会造成严重的破坏事故。所谓振动稳定性是指机器在工作时不能发生振幅超过容许值的要求。

§ 2.2 机械制造中常用材料及其选择

机械制造中最常用的材料是钢和铸铁,其次是有色金属合金。非金属材料如塑料、橡胶等在机械制造中也具有独特的使用价值。

2.2.1 金属材料

1. 铸铁

铸铁和钢都是铁碳合金,它们的区别主要在于含碳量的不同。含碳量小于2.11%的铁碳合金称为钢,而含碳量大于2.11%的就称为铸铁。铸铁具有适当的易熔性、良好的液态流动性,因而可铸成形状复杂的零件。此外,它的减振性、耐磨性、切削性(主要指灰铸铁)均较好,而且成本低廉,因此在机械制造中应用甚广。常用的铸铁有:灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、合金铸铁等。其中灰铸铁和球墨铸铁是脆性材料,不能进行碾压和锻造。在上述铸铁中,以灰铸铁应用最广,球墨铸铁次之。

2. 钢

与铸铁相比,钢具有较高的强度、韧性和塑性,并可用热处理的方法改善其力学性能和加工性能。钢制零件的毛坯可用锻造、冲压、焊接或铸造等方法来取得,因此其应用极为广泛。

钢的种类很多,可以从不同的角度进行分类。按用途不同,钢可分为结构钢、工具钢和特殊钢。结构钢广泛应用于制造各种机械零件和工程结构的构件;工具钢主要用于制造各种刀具、模具和量具等;特殊钢(如不锈钢、耐热钢、耐酸钢等)主要用于制造在特殊环境下工作的零件。按化学成分的不同,钢又可分为碳素钢和合金钢。碳素钢的性质主要取决于含碳量,含碳量越高则钢的强度越高,但塑性越低。为了改善钢的性能,特别加入了一些合金元素的钢称为合金钢,它的优良性能取决于其所加的化学成分,而且在更大程度上取决于适当的热处理。

在选择钢材时,应在满足使用要求的条件下,尽量采用价格便宜、供应充分的碳素钢,必须采用合金钢时也应优选我国资源丰富的硅、锰、硼、钒类的合金钢。

2.2.2 非金属材料

1. 橡胶

橡胶不仅富于弹性,而且能够吸收较多的冲击能量,常用于制造联轴器或减震器的弹性元件、带传动的胶带等。硬橡胶可用于制造用水润滑的轴承衬。

2. 塑料

塑料的比重小,易于制成形状复杂的零件,而且各种不同塑料具有不同的特点,如耐腐蚀性、绝热性、减摩性等,所以近年来在机械制造中应用日益广泛。如无声齿轮、轴承衬和摩擦片等。

此外,在机械制造中也常用到其他的非金属材料,如皮革、木材、纸板、棉、丝等。

设计机械零件时,选择合适的材料是一项复杂的技术经济问题。这就要求设计者全面了解各种材料的性能、成本以及制造方法等。在选择材料时,主要应该满足以下三个方面的要求,即使用方面、工艺方面以及经济方面的要求。各种材料的化学成分和力学性能可在有关的国家标准、行业标准和机械设计手册中查得。另外,为了材料供应和生产管理上的方便,应尽量缩减材料的品种。通常,厂矿企业都对所有材料的品种、牌号加以限制,并制订适用于本地区、本企业的目录,供设计时选用。

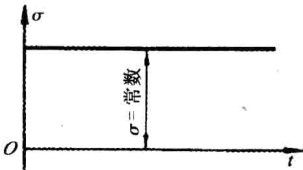
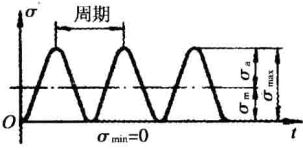
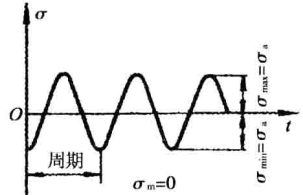
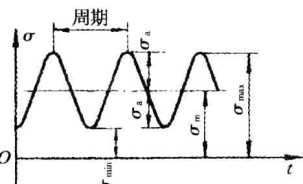
§ 2.3 许用应力和安全系数

2.3.1 许用应力

许用应力是设计零件时所依据的条件应力,正确选择许用应力是保证得到轻巧、紧凑、经济以及可靠耐久的零件结构的重要条件。许用应力取决于应力的种类、零件材料的极限应力和安全系数等。为了方便起见,在以下的论述中只以正应力为主,若研究切应力,只需将 σ 更换成 τ 即可。

应力的特性对零件的强度有直接影响。按随时间变化的情况,应力可分为静应力和变应力两大类,如表 2-1 所示。

表 2-1 应力的种类与特性

应力类型	应力随时间的变化图形	应力大小	应力循环特性 r ($r=\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$)
静应力		不 变	$r=1$
脉动循环变应力		变 化	$r=0$
变 应 力		变 化	$r=-1$
		变 化	$0 < r < 1$

1. 静应力下的许用应力

静应力下,零件材料主要有两种失效形式:断裂或过大的塑性变形。对于塑性材料,可按不发生塑性变形的条件进行计算,这时应取材料的屈服极限 σ_s 作为极限应力,故许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{S} \quad (2-2)$$

对于由脆性材料制成的零件,应取强度极限 σ_b 作为极限应力,其许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{S} \quad (2-3)$$

对于组织均匀的脆性材料,如淬火后低温回火的高强度钢,还应考虑应力集中的影响。有关零件的牌号和力学性能可参阅有关手册。

2. 变应力下的许用应力

变应力下,零件的失效形式是疲劳断裂。疲劳断裂具有以下特征:

- (1) 疲劳断裂的最大应力远比静应力下材料的强度极限低,甚至比屈服极限低;
- (2) 不管是脆性材料还是塑性材料,其疲劳断口均表现为无明显塑性变形的脆性突然断裂;

(3) 疲劳断裂是损伤的积累,它的初期现象是在零件表面或表层形成微裂纹,这种微裂纹随着应力循环次数的增加而逐渐扩展,直至余下的未断裂的截面积不足以承受外载荷时,零件就会突然断裂。其疲劳断口明显分为两个区域:一个是表面光滑的疲劳区;一个是粗糙的脆性断裂区,如图 2-1 所示。

疲劳断裂不同于一般的静止断裂,它是裂纹受反复变化应力作用下扩展到一定程度后发生的。因此,疲劳断裂不仅与应力的大小有关,还和应力循环的次数(即工作寿命)有关。材料经过 N 次应力循环后,不发生破坏的最大应力值称为疲劳极限,用 σ_{rN} 表示,其下标 $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$,是指循环变应力的循环特性,通常用疲劳曲线($\sigma-N$ 曲线)表示循环次数 N 与疲劳极限 σ_{rN} 的关系。典型的疲劳曲线如图 2-2 所示,横坐标为循环次数 N ,纵坐标为极限应力 σ 。从图中可以看出:应力越小,试件能经历的循环次数就越多,即使用寿命越长。当循环次数超过某一数值 N_0 以后,曲线趋于水平,即疲劳极限不再随着循环次数的增加而降低,通常把 $N \geq N_0$ 区域称为无限寿命区,而把 $N \leq N_0$ 区域称为有限寿命区,其中 N_0 称为循环基数。对应于 N_0 的疲劳极限记为 σ_r ,故在对称循环变应力下,疲劳极限为 σ_{-1} ,在脉动循环变应力下的疲劳极限记为 σ_0 。

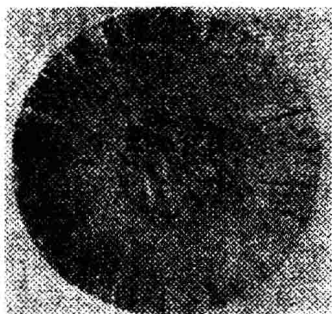


图 2-1 零件疲劳断裂的断口

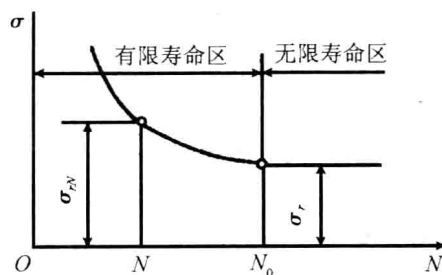


图 2-2 疲劳曲线

显然在变应力下,计算许用应力时应取材料的疲劳极限作为极限应力。另外,还应该考虑到零件的切口、圆角等截面突变,绝对尺寸、表面状态以及热处理方式等对疲劳极限的影响。当应力为对称循环变化时,许用应力为

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma S} \quad (2-4)$$

式中, K_σ 为弯曲疲劳极限的综合影响系数,可用下式计算

$$K_{\sigma} = \left(\frac{k_{\sigma}}{\epsilon_{\sigma}} + \frac{1}{\beta_{\sigma}} - 1 \right) \frac{1}{\beta_q}$$

式中, k_{σ} 为零件的有效应力集中系数; ϵ_{σ} 为零件的尺寸系数; β_{σ} 为零件的表面状态系数; β_q 为零件的表面强化系数。

当应力是脉动循环变化时, 只需要将上述公式中的 σ_{-1} 变为 σ_0 即可。

2.3.2 安全系数

安全系数取得正确与否对所设计零件的尺寸有很大的影响。如果安全系数取得过大将使结构笨重; 定得过小又可能导致强度不足。通过长期的生产实践, 在各个不同的机械制造部门, 都制订了适合本部门的安全系数(或许用应力)的表格。这类表格虽然适用范围较窄, 但具有简单、具体而且可靠等优点。本书中主要采用查表法确定安全系数(或许用应力)。

另外, 安全系数也可用部分系数法确定, 即用几个系数的连乘积表示总的安全系数:

$$S = S_1 \times S_2 \times S_3$$

式中, S_1 为考虑载荷及应力计算的准确性; S_2 为考虑材料的力学性能的均匀性; S_3 为考虑零件的重要性。

关于上述各项系数的具体数值可参阅有关书籍。

§ 2.4 机械零件的工艺性和标准化

2.4.1 工艺性

设计机械零件时, 不仅应该使其满足使用要求, 同时还应当满足生产要求, 否则就可能制造不出来或制造费用昂贵。

在具体生产条件下, 如所设计的机械零件便于加工而加工费用又很低, 则称该零件具有良好的工艺性。有关工艺性的基本要求如下:

(1) 毛坯选择合理。机械制造中毛坯制备的方法主要有直接利用型材、铸造、锻造、冲压以及焊接等。毛坯的选择与具体的生产技术条件有关, 一般取决于生产批量、材料性能和加工可能性等。

(2) 结构简单合理。设计零件的结构形状时, 最好采用最简单的表面(如平面、圆柱面、螺旋面等)及其它们的组合, 同时还应该尽量使加工表面数目最少和加工面积最小。

(3) 规定适当的制造精度和表面粗糙度。零件的加工费用是随着精度的提高而大幅度增加的, 尤其在精度要求较高的情况下, 这种增加就更为显著。因此, 在没有充分的根据时, 不应当盲目地追求过高的精度。同理, 零件的表面粗糙度也应当根据配合表面的实际需要, 作出合理的规定。

2.4.2 标准化

标准化是指以制定和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。标准化的研究领域十分宽广, 就机械工业而言, 是指将机械零件的型式、规格(包括尺寸等)、试验方法、质量鉴定及标号等标准化。这在机械制造中具有重大的意义。因为零件标准化后, 就有可能以先进的工艺方法进行生产, 并保证了在专门工厂中生产的可能性, 这样既提高了零件的质量又降低了成本。同时在设计方面, 零件的标准化也使得设计人员可以集中精力创造新的或更重要的结构, 从而减轻设计的工作量。零件