



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械基础

主编 李端玲 郭卫东 杨 洋 梁福军



北京邮电大学出版社

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械基础

主 编:李端玲 郭卫东
杨 洋 梁福军

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/李端玲主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1228-4

I. 机... II. 李... III. 机械学—专业学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 019712 号

书 名 机械基础

主 编 李端玲 郭卫东 杨 洋 梁福军

责任编辑 周 堃 赵延玲

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 15.5

字 数 321 千字

版 次 2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5635-1228-4/TH·14

定 价 19.50 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

E-mail: publish@bupt.edu.cn

电话:(010)82551166 (010)62283578

Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁发的《中等职业学校机械基础教学大纲(试行)》编写的一本技术基础课程教材,主要任务是培养学生掌握机械技术的基本知识和基本技能,初步具有分析机械功能、动作及使用一般机械的能力,为今后解决生产实际问题和继续学习打下基础。

本书主要包括工程力学基础、机械工程材料基础、常用机构与机械传动、连接与支承零部件、液压传动等内容。

机械基础和其他自然科学一样,有其自身的科学性和系统性。在学习过程中,要理论联系实际,由浅深,系统地进行学习,这样才会取得更好的效果。通过本课程的学习,学生应达到下列基本要求:

1. 了解构件的受力分析、基本变形形式和强度计算方法。
2. 了解常用机械工程材料的种类、牌号、性能和应用。
3. 了解机器的组成。
4. 熟悉机械传动和通用机械零件的工作原理、特点、应用、结构及标准。
5. 了解液压传动的工作原理和特点。
6. 初步具有分析一般机械功能和动作的能力。
7. 初步具有使用和维护一般机械的能力。
8. 了解与本课程相关的技术政策和法规,具有严谨的工作作风和创新精神。

本书不仅是中等职业学校专业基础课教材,也可作为岗位培训教材。

由于编者水平有限书中难免存在一些错误与不妥之片,恳请广大读者及同行予以批评指正。

编 者

目 录

第1章 机械概述	1
1.1 机器及基本组成	1
1.2 金属材料的性能	4
1.3 零件的强度	8
1.4 摩擦和磨损	9
第2章 构件的静力分析	12
2.1 力的概念及性质	12
2.2 力矩和力偶	14
2.3 约束和约束反力	17
2.4 受力图和受力分析	20
2.5 平面力系的平衡方程	22
第3章 材料力学	31
3.1 轴向拉伸和压缩	31
3.2 剪切和挤压	41
3.3 圆轴的扭转	45
3.4 直梁的弯曲	50
3.5 组合变形和交变应力	57
第4章 工程材料	66
4.1 碳钢	66
4.2 合金钢	70
4.3 铸钢与铸铁	77
4.4 有色金属及其合金	81
4.5 钢的热处理	86
4.6 常用非金属材料	90
4.7 材料的选用原则	93
第5章 连接	97
5.1 键连接和花键连接	97
5.2 螺纹连接	101
5.3 联轴器和离合器	110
第6章 带传动与链传动	118
6.1 带传动	118
6.2 链传动	130
第7章 齿轮传动	134
7.1 齿轮传动的特点与分类	134

7.2	渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	135
7.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	138
7.4	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	138
7.5	斜齿圆柱齿轮	140
7.6	圆锥齿轮	143
第8章	齿轮系与减速器	146
8.1	轮系的类型	146
8.2	轮系的传动比计算	147
8.3	减速器的应用类型、结构和标准	151
第9章	平面连杆机构	157
9.1	运动副	157
9.2	类型	157
9.3	工作特性	162
第10章	凸轮机构及其设计	168
10.1	凸轮机构的组成、类型和应用	168
10.2	从动件常用运动规律	171
10.3	尖底移动从动件盘形凸轮轮廓线的基本原理及设计方法	174
第11章	间歇运动机构	179
11.1	棘轮机构	179
11.2	槽轮机构	182
11.3	不完全齿轮机构	184
第12章	支承零部件	186
12.1	轴	186
12.2	滑动轴承	191
12.3	滚动轴承	196
12.4	滚动轴承轴系的安装与调试	201
第13章	液压传动	209
13.1	基本知识	209
13.2	液压元件及工作原理	213
13.3	液压辅助元件	228
13.4	液压系统图实例	229
第14章	机械的润滑与密封	232
14.1	润滑剂	232
14.2	常用润滑方式及装置	234
14.3	密封装置设计	238

第1章 机械概述

1.1 机器及基本组成

1.1.1 机器与机构

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器,常见的机器包括内燃机、机床、汽车、火车、发电机和洗衣机等。

观察图1-1所示的内燃机,是一种将液体或气体燃料与空气混合后,直接输入机器内部燃烧产生势能再转化为机械能的热机。当燃气推动活塞在气缸内运动,通过连杆使曲柄作连续转动,从而燃料燃烧产生的热能转化为机械能。可燃混合气体定时进入气缸,废气定时排出气缸,是通过曲轴上的齿轮带动两个凸轮轴上的两个齿轮,再由这两个齿轮分别带动两个凸轮,控制气门启闭来实现的。

机器的种类繁多,各类机器的功用不同,由此产生的工作原理和结构特点也不相同,但是各类机器都有着以下的共同特征:

- (1)都是人为的实物组合;
- (2)组成机器的各实物之间具有确定的相对运动;
- (3)能实现能量转换或完成有用的机械功。

凡具备上述三个特征的实物组合就称为机器,它可用来传递运动和变换运动形式。

机构也是一种人为的实物的组合,其各部分之间具有确定的相对运动,所以机构只具备机器的前两个特征。由此可知机器与机构的区别在于机器同时产生运动和能的变换,它的目的是利用或转换机械能,而机构只产生运动的变化,它的目的是传递或变换运动。机器包含着机构,机构是机器的主要组成部分,如图1-1所示的内燃机由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构组成。

若仅从结构和运动观点来看,机器与机构二者之间并无区别,因此习惯上常用机械一词作为机器和机构的总称。

1.1.2 零件、部件和构件

如何区别零件、部件和构件呢?从制造角度看,若干个零件组成了机构,若干个机构组

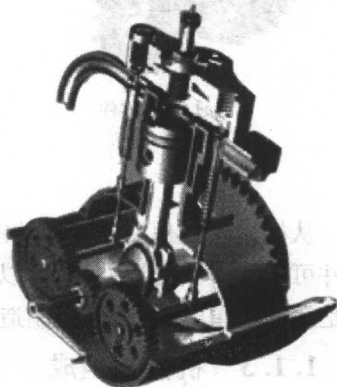


图1-1 单缸内燃机

成了机器。零件是制造单元,是机器的基本组成要素。概括地讲,机械零件可分为两大类:一类是在各种机器中都能用到的零件,叫通用零件,如齿轮、螺栓、轴承、带和带轮等;另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,叫专用零件,如曲轴、吊钩、叶片和叶轮等。此外,常把由一组协同工作的零件组成的独立制造装配的组合件叫做部件,如减速器、离合器和制动器等,部件是装配单元。图 1-2 给出了若干例子。

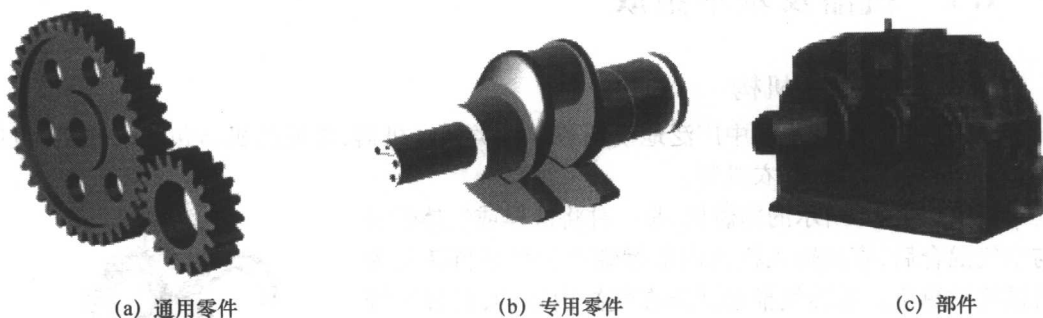


图 1-2 零部件举例

从机械实现预期运动和功能的角度看,机构中形成相对运动的各个运动单元称为构件。构件可以是单一的零件,也可以是由若干零件组成的运动单元。构件与零件的区别在于构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

1.1.3 机器的组成

机器的发展经历了一个从简单到复杂的过程。人类为了满足生产及生活的需要,设计和制造了类型繁多、功能各异的机器,但是只有在蒸汽机出现以后,机器才具有了完整的形态。图 1-3 概括地说明了一部完整机器的组成(图中双线框表示一部机器的基本组成部分,单线框表示附加组成部分)。

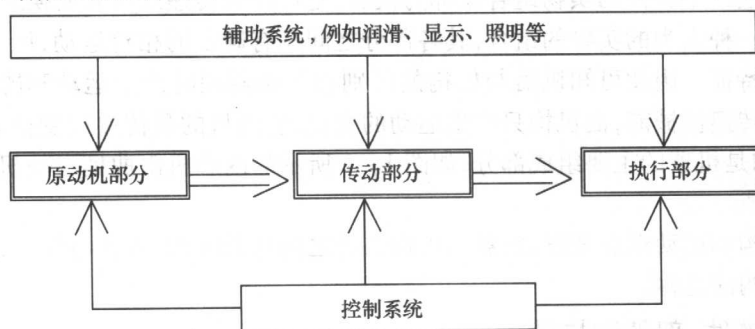


图 1-3 机器的组成

原动机部分——是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。一般来说,它用来把其他形式的能量转换为机械能。原动机的动力输出绝大多数呈旋转运动的状态,输出一定的转矩。原动机的发展经历了如下过程:

人力、畜力 → 水力机、风力机 → 蒸汽机、内燃机、汽轮机、电动机

执行部分——是用来完成机器预定功能的组成部分。一部机器可以只有一个执行部分,也可以把机器的功能分解成好几个执行部分。

传动部分——用来连接原动机部分和执行部分,将原动机的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动及动力参数。例如:把旋转运动转换为直线运动;高转速变为低转速;小转矩变为大转矩等。机器的传动部分大多数采用机械传动系统,有时也采用液压或电力传动系统。机械传动系统是绝大多数机器不可缺少的重要组成部分。

随着机器的功能越来越复杂,对机器的精度要求也越来越高,所以机器除了以上三个部分外,还会不同程度地增加其他部分,例如控制系统和辅助系统等。比如汽车,发动机是它的动力部分;车轮、悬架系统、底盘及车身是它的执行部分;离合器、变速器、传动轴和差速器是它的传动部分。除此之外,转向盘及其转向装置、换档杆、制动和油门构成它的控制系统;油量表、速度表、里程表等仪表构成它的显示系统;前后灯、仪表盘灯构成它的照明系统;转向信号灯和车尾红灯构成它的信号系统。此外还有后视镜、刮雨器、车门锁等其他辅助装置部分。

1.1.4 现代机器及其主要特征

随着伺服驱动技术、检测传感技术、自动控制技术、信息处理技术、材料及精密机械技术、系统总体技术的飞速发展,传统机械在产品结构和生产系统结构等方面发生了质的变化,形成了一个崭新的现代机械工业。现代机器已经成为一个以机械技术为基础,以电子技术为核心的高新技术综合系统。

现代机器的定义为:由计算机信息网络协调与控制的、用于完成包括机械力、运动和能量转换动力学任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统。这个定义突出计算机在现代机器中的协调控制的核心作用,同时也强调了现代机器的主要功能仍然是执行机械运动、完成有用功和能量的转换。

现代机器是由机械技术与电子技术有机结合的一个全新系统。它与传统机器比较,具有以下主要特征:功能增加,柔性提高;结构简化,性能优良;效率提高,成本降低。

必须强调指出:在现代机器中机械系统是不可缺少的重要组成部分,机械系统和电子系统在不同的场合具有不同的优势。因此,现代机器要求综合考虑机械、电子、硬件和软件等方面的特性,使系统各部分合理匹配,实现整体的最佳化。

1.2 金属材料的性能

材料是机器的物质基础,金属材料是最重要的工程材料。金属材料的性能包含工艺性能和使用性能两方面。工艺性能是指制造工艺过程中材料适应加工的性能,即指其铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能;使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能,它包括力学性能、物理和化学性能。力学性能也叫机械性能。

1.2.1 工艺性能

1. 铸造性能

金属材料铸造成形获得优良铸件的能力称为铸造性能,用流动性、收缩性和偏析来衡量。熔融金属的流动能力称为流动性,流动性好的金属容易充满铸型,从而获得外形完整、尺寸精确、轮廓清晰的铸件;铸件在凝固和冷却过程中,其体积和尺寸减少的现象称为收缩性,铸造用金属材料的收缩率越小越好;金属凝固后,铸锭或铸件化学成分和组织的不均匀现象称为偏析,偏析大会使铸件各部分的力学性能有很大的差异,降低铸件的质量。

2. 锻造性能

金属材料用锻压加工方法成形的适应能力称锻造性。锻造性能主要取决于金属材料的塑性和变形抗力。塑性越好,变形抗力越小,金属的锻造性能越好。

3. 焊接性能

金属材料对焊接加工的适应性称焊接性。也就是在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。钢材的碳含量是焊接性好坏的主要因素,碳含量和合金元素含量越高,焊接性能越差。

4. 切削加工性能

切削加工性能一般用切削后的表面质量(以表面粗糙度高低衡量)和刀具寿命来表示。金属材料具有适当的硬度和足够的脆性时切削性良好。改变钢的化学成分(如加入少量铅、磷等元素)和进行适当的热处理(如低碳钢进行正火,高碳钢进行球化退火)可提高钢的切削加工性能。铜有良好的切削加工性能。

5. 热处理工艺性能

钢的热处理工艺性能主要考虑其淬透性,即钢接受淬火的能力。含 Mn、Cr、Ni 等合金元素的合金钢淬透性比较好,碳钢的淬透性较差。铝合金的热处理要求较严,铜合金只有几种可以用热处理强化。

1.2.2 力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力(载荷)作用时表现出来的性能,包括强度、塑

性、硬度、韧性及疲劳强度等。

1. 强度

金属材料抵抗塑性变形或断裂的能力。材料的强度用拉伸试验测定。金属材料的强度指标根据其变形特点分下列几个:

(1) 弹性极限(σ_e)

表示材料保持弹性变形,不产生永久变形的最大应力,是弹性零件的设计依据。

(2) 屈服点(σ_s)

表示金属开始发生明显塑性变形的抗力。铸铁等材料没有明显的屈服现象,则用条件屈服点($\sigma_{0.2}$)来表示:产生0.2%残余应变时的应力值。

(3) 强度极限(抗拉强度 σ_b)

表示金属受拉时所能承受的最大应力,可以通过拉伸试验测定。

2. 塑性

断裂前材料产生永久变形的能力称为塑性,用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率(δ)

在拉伸试验中,试样拉断后,标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率。

(2) 断面收缩率(ψ)

试样拉断后,缩颈处截面积的最大缩减量与原横断面积的百分比称为断面收缩率。

3. 硬度

材料抵抗另一硬物体压入其内的能力叫硬度,即受压时抵抗局部塑性变形的能力。

(1) 布氏硬度(HB)

布氏硬度是用一定直径的球体(钢球或硬质合金球)在一定载荷作用下压入试样表面,保持一定时间后卸除载荷,测量其压痕直径,计算出的硬度值。布氏硬度值用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示。用符号 HBS(当用钢球压头时)或 HBW(当用硬质合金球时)来表示。

(2) 洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)

将金刚石压头(或钢球压头),在先后施加两个载荷(预载荷 F_0 和主载荷 F_1)的作用下压入金属表面(见图1-4),总载荷 F 为预载荷 F_0 和主载荷 F_1 之和。卸去主载荷 F_1 后,测量其残余压入深度 h_1 ,用 h_1 与 h_0 之差 Δh 来计算洛氏硬度值。 Δh 越大,表示材料硬度越低,实际测量时硬度可直接从洛氏硬度计表盘上读得。根据压头的种类和总载荷的大小,洛氏硬度常用的表示方式有 HRA、HRB、HRC 三种。

4. 冲击韧性(α_k)

许多机械零件和工具在工作中,往往要受到冲击载荷的作用,如活塞销、锤杆、冲模和锻模等,材料抵抗冲击载荷作用的能力称为冲击韧性,常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定。测

得试样冲击吸收功,用符号 A_k 表示。用冲击吸收功除以试样缺口处截面积 S_0 ,即得到材料的冲击韧度 a_k 。

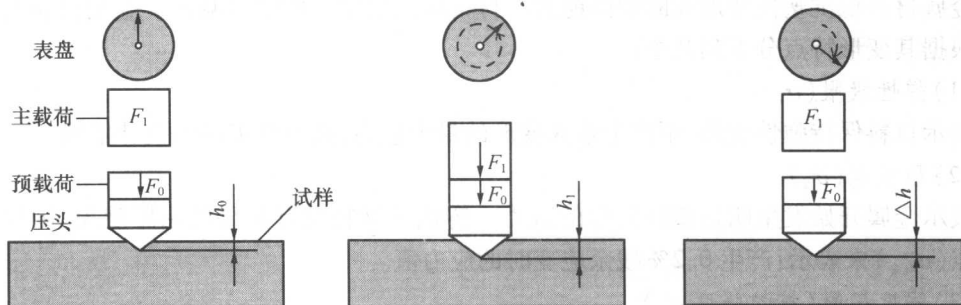


图 1-4 洛氏硬度测量原理图

5. 疲劳强度

轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等零件,在工作过程中各点的应力随时间作周期性的变化,这种随时间作周期性变化的应力称为交变应力(也称循环应力)。在交变应力作用下,虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点,但经过较长时间的工作而产生裂纹或突然发生完全断裂的过程称为金属的疲劳。材料承受的交变应力(σ)与材料断裂前承受交变应力的循环次数(N)之间的关系可用疲劳曲线来表示。金属承受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越少。当应力低于一定值时,试样可以经受无限周期循环而不破坏,此应力值称为材料的疲劳极限(亦叫疲劳强度),用 σ_{-1} 表示。

6. 断裂韧性

桥梁、船舶、大型轧辊、转子等有时会发生低应力脆断,这种断裂的名义断裂应力低于材料的屈服强度,尽管在设计时保证了足够的延伸率、韧性和屈服强度,但仍不免破坏。究其原因 是构件或零件内部存在着或大或小、或多或少的裂纹和类似裂纹的缺陷造成的。裂纹在应力作用下可失稳而扩展,导致机件破断。材料抵抗裂纹失稳扩展断裂的能力叫断裂韧性。

1.2.3 理化性能

1. 金属的物理性能

(1) 密度

单位体积物质的质量称为该物质的密度,其单位为 kg/m^3 。密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属,如铝、镁、钛及它们的合金。密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属,如铁、铅、钨等。轻金属多用于航天航空器上。

(2) 熔点

金属从固态向液态转变时的温度称为熔点,其单位一般用摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)表示。纯金属

都有固定的熔点。

熔点高的金属称为难熔金属,如钨、钼、钒等,可以用来制造耐高温零件,如在火箭、导弹、燃气轮机和喷气飞机等方面得到广泛应用。熔点低的金属称为易熔金属,如锡、铅等,可用于制造保险丝和防火安全阀零件等。

(3) 导热性

导热性通常用热导率来衡量。热导率越大,导热性越好。金属的导热性以银为最好,铜、铝次之。合金的导热性比纯金属差。在热加工和热处理时,必须考虑金属材料的导热性,防止材料在加热或冷却过程中形成过大的内应力,以免零件变形或开裂。导热性好的金属散热也好,在制造散热器、热交换器与活塞等零件时,要选用导热性好的金属材料。

(4) 导电性

传导电流的能力称导电性,用电阻率来衡量。电阻率越小,金属材料导电性越好。金属导电性以银为最好,铜、铝次之。合金的导电性比纯金属差。电阻率小的金属(纯铜、纯铝)适于制造导电零件和电线。电阻率大的金属或合金(如钨、钼、铁、铬、铝)适于做电热元件。

(5) 热膨胀性

金属材料随着温度变化而膨胀、收缩的特性称为热膨胀性。由膨胀系数大的材料制造的零件,在温度变化时,尺寸和形状变化较大。轴和轴瓦之间要根据其膨胀系数来控制其间隙尺寸;在热加工和热处理时也要考虑材料的热膨胀影响,以减少工件的变形和开裂。

(6) 磁性

金属导磁的性能称为磁性。铁磁性材料在外磁场中能强烈地被磁化,如铁、钴等。顺磁性材料在外磁场中只能微弱地被磁化,如锰、铬等。抗磁性材料能抗拒或削弱外磁场对材料本身的磁化作用,如铜、锌等。

铁磁性材料可用于制造变压器、电动机、测量仪表等,抗(顺)磁性材料则用于要求避免电磁场干扰的零件和结构材料,如航海罗盘。

2. 金属的化学性能

主要指耐腐蚀性和抗氧化性。金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性统称化学稳定性。在高温下的化学稳定性称为热稳定性。

(1) 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力称耐腐蚀性,碳钢、铸铁的耐腐蚀性较差;钛及其合金、不锈钢的耐腐蚀性好;铝合金和铜合金有较好的耐腐蚀性。

(2) 抗氧化性

金属材料在加热时抵抗氧化作用的能力称抗氧化性。加入 Cr、Si 等元素,可提高钢的抗

氧化性。如 4Cr9Si2 可制造内燃机排气阀及加热炉炉底板、料盘等。

1.3 零件的强度

在外力作用下的零件,要求能够正常的工作,一般应满足以下三个方面的要求:

- (1) 足够的强度;
- (2) 必要的刚度;
- (3) 足够的稳定性。

强度准则是设计机械零件的最基本准则。机械零件的强度是指零件受载后抵抗断裂、塑性变形和表面失效的能力。

1. 内力

内力是指构件内部之间或各质点之间的相互作用力。

构件在未受外力作用时,其中即有内力存在;当受到外力作用时,这些构件内力就要发生相应的变化,可以认为,在外力作用下出现了附加内力。材料力学中,只研究外力与附加内力的关系,故将附加内力简称为内力。

2. 应力

单位面积上的内力大小称为应力。根据“平面假设”可知,内力在横截面上是均匀分布的,若杆轴力为 N ,横截面面积为 A ,则单位面积上的内力为:

$$\sigma = N/A \quad (1-1)$$

式中 σ 称为正应力,反映了内力在横截面上分布的密度,国际单位为 Pa(帕斯卡)。

3. 许用应力·强度条件

在外力作用时材料不被破坏的条件下,应力能够达到的最大限度,称为该材料的极限应力 σ_{jk} 。将测定的极限应力 σ_{jk} 作适当降低,规定出杆件能安全工作的应力最大值,这就是许用应力 $[\sigma]$ 。

为保证零件有足够的强度,必须使零件在受载后的工作应力不超过许用应力。

即:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1-2)$$

式(1-2)称为强度条件式,利用此式计算零件的几何尺寸,是零件的设计计算;如果零件尺寸已知,由此式校验零件的强度,则是校核计算。

根据载荷作用方式不同,强度可分为以下三种:

- (1) 抗拉强度 材料在拉伸载荷作用下抗变形或破坏的能力。
- (2) 抗压强度 材料在压缩载荷作用下抗变形或破坏的能力。
- (3) 抗弯强度 当外载荷作用下使材料呈弯曲变形,材料表现出来的抵抗能力。

以上三种强度中,抗拉强度尤为重要,在一般材料手册中,都能查到它的数据。它和其

他强度之间有一定换算关系,通过抗拉强度值,就可近似计算出其他强度的值。

1.4 摩擦和磨损

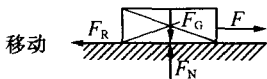
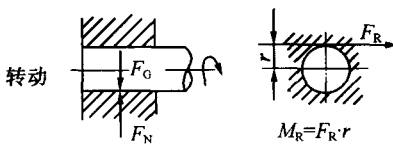
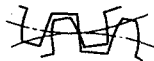
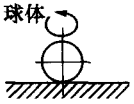
摩擦和磨损是自然界和社会生活中普遍存在的现象。近二三十年国外把摩擦、润滑和磨损作为一门独立的边缘学科,叫摩擦学。据不完全统计,世界能源的 $1/3 \sim 1/2$ 消耗于摩擦,而机械零件 80% 失效原因是磨损。

1.4.1 摩擦

摩擦是指两物体的接触表面阻碍它们相对运动的机械阻力。

摩擦的基本概念、分类、摩擦状态及物理值见表 1-1。

表 1-1 摩擦概念、分类、摩擦状态及物理值

	概念	注释
基本概念	静态摩擦	两个相对相互静止物体间的摩擦。此时对物体施加的力(力矩)不够大,不至于产生相对运动
	(起动摩擦)临界摩擦	运动开始时的摩擦
	动态摩擦	两个相对相互运动物体间的摩擦
	惯性摩擦	运动结束时的摩擦,即速度大约为零时的摩擦
分类	滑动摩擦	
	滚动摩擦	
	滚动摩擦	球或压辊 
	滚滑动摩擦	滚动摩擦伴有滑动摩擦(打滑) 
	旋转摩擦	 

概念			注释
摩擦状态	固体摩擦	干摩擦	摩擦副在直接接触时产生的摩擦,摩擦因数大,磨损严重,应尽量避免
		边界摩擦	滑动面部分地被氧化膜杂质、气体或液体覆盖。摩擦因数比干摩擦小
	液体摩擦		摩擦副被液体膜连续隔开下的摩擦。这里可能产生液体静压或液体动压的状态。摩擦因数小,是理想的摩擦状态
	气体摩擦		摩擦副被气体膜连续隔开下的摩擦。这里可能产生气体静压的和气体动压的状态。摩擦因数小,是理想的摩擦状态
	混合摩擦		固体摩擦和液体摩擦以及气体摩擦同时存在的摩擦
物理值	摩擦力 F_R		摩擦力是指因摩擦而出现阻止相对运动的机械阻力
	摩擦力矩 $M_R = F_R \cdot r$		摩擦力矩是指因摩擦而产生阻止转动的机械阻力
	摩擦功 W_R		为克服摩擦必要的且大部分转换成摩擦势的那部分功
	摩擦功率 $P_R = F_R \cdot v_R$		克服摩擦的必要功率
	摩擦因数 μ		由摩擦力: $\mu = F_R / F_N$ 由摩擦力矩: $\mu = M_R / (r \cdot F_N)$

1.4.2 磨损

运动副之间的摩擦将导致机件表面材料的逐渐丧失或转移,即形成磨损。磨损会影响机器的效率,降低工作的可靠性,甚至促使机器提前报废。

1. 磨损过程

机械零件的磨损过程通常经历不同的磨损阶段,直至失效。图1-5给出典型的磨损特性曲线(浴盆曲线):图1-5中的纵坐标表示单位时间的磨损量,称磨损率。通常在磨合期内,磨损率比较大,并且是递减的。然后进入一个较长时间的稳定期,磨损率较小并保持不变。直至某一点,斜率陡升,这预兆着磨损急剧增大,失效即将发生。对于一些磨损过程,例如滚动轴承或齿轮中发生的表面疲劳磨损,开始时磨损率可能为零,当工作时间达到一定数值后,点蚀开始出现并迅速扩展,磨损率迅速上升,很快发展为大面积剥落和完全失效。

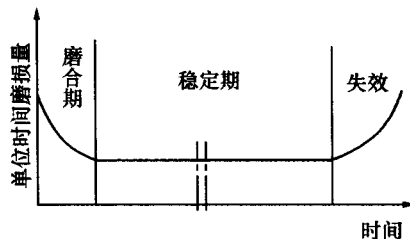


图1-5 磨损特性曲线

产生磨损的根本原因在于受负荷作用的物体与摩擦副系统中相关元素之间发生的机械、物理和化学作用的结果。至于出现什么样的相互作用,取决于所有参与磨损过程的各个元素的性质,如:运动类型、运动过程、法向载荷、速度、温度、表面特性和负荷期限等。

2. 磨损的类型

目前人们公认的最重要的几种基本磨损类型(机理)是:粘着磨损、磨料磨损、疲劳磨损和化学磨损。不同磨损类型有不同的磨损表面的外观表现。

(1) 粘着磨损

摩擦表面不平峰尖在相互作用的各点发生“冷焊”(粘附)后,材料从一个面转移到另一个面形成的磨损。

(2) 磨料磨损

由外部进入摩擦表面间的游离颗粒或硬的不平峰尖在较软材料表面划创出许多沟纹而形成的磨损。

材料的硬度越高,耐磨性越好;磨料的平均尺寸越大、硬度越大,磨损越大。

(3) 疲劳磨损

当作滚动或滚滑运动的高副受到反复作用的接触应力,如果接触应力超过材料的接触疲劳强度,就会在其表面或表面下形成疲劳裂纹,随着裂纹的扩展和相互连接,就会造成许多颗粒从零件工作表面脱落下来,而形成的磨损。

钢的心部硬度越高,产生疲劳裂纹的危险性越小;提高表面质量,高压润滑,均能提高抗疲劳磨损能力。

(4) 冲蚀磨损

含有硬质微粒的流体冲击到固体表面所造成的磨损。

其影响因素有:磨粒与固体表面的摩擦因数、磨粒的冲击角度和冲击速度等。

(5) 腐蚀磨损

由空气中的酸性物质水分,或润滑油中的无机酸的化学作用在摩擦表面所造成的磨损。

影响腐蚀磨损的主要因素是:零件表面的氧化膜性质和环境温度。

在实际中多数的磨损都是以上述五种基本磨损形式的复合形式出现的。

习 题

1. 试述机器的组成及各部分的功能。
2. 举例说明机器、机构与构件的概念及区别。
3. 列举三种常用的机构和四种常用的机械传动方式。
4. 简述金属材料的理化性能概念。
5. 简述金属材料的力学性能概念。
6. 简述塑性、韧性、硬度、疲劳强度的概念。
7. 什么是机械零件的强度?
8. 什么是内力? 什么是应力? 它们之间存在什么关系?
9. 试述摩擦的概念、类型。
10. 试述磨损的过程。