

陕西省中等职业教育规划教材

JIXIEJICHU

机械基础

主编 苏生荣
徐军



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

陕西省中等职业教育规划教材

机械基础

J I X I E J I C H U

主编

苏生荣 徐 军

副主编

张玲霞 杨卫民 李小强

参编

(以章节顺序排序)

贺爱霞 王菊兰 柴荣霞 崔 峰

西北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 苏生荣, 徐军主编. —西安: 西北大学出版社, 2009. 7

ISBN 978-7-5604-2636-5

I. 机… II. ①苏…②徐… III. 机械学—专业学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第117875号

机械基础

主 编: 苏生荣 徐军

出版发行: 西北大学出版社

地 址: 西安市太白北路229号

邮 编: 710069

电 话: 029-88305287

E-mail: xdpres@nwu.edu.cn

经 销: 全国新华书店

印 装: 陕西向阳印务有限公司

开 本: 787毫米×960毫米 1/16

印 张: 11.5

字 数: 189千

版 次: 2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5604-2636-5

定 价: 19.00元

前言

根据中等职业机械类专业技能型人才生产第一线的技术岗位要求,本书以职业能力培养为主线,通过常用金属材料及热处理、工程力学基础、常用机构、机械传动、通用机械零件等知识的学习,使学生获得中等职业技能型人才所必需的机械基础知识和基本技能,从而培养学生正确使用和维护机械设备的能力。为学习专业课和今后从事技术工作,以及参加机械类中级工职业技能鉴定获取职业资格证书打好基础。

本书在编写过程中力求突出以下特点:

(1) 体现机械技术的新知识、新材料、新工艺、新技术的应用,内容上注重讲清基本概念和基本方法,突出实用性,淡化理论分析和理论计算。

(2) 内容丰富、全面、翔实、涵盖中等职业技术教育机械类学生必须掌握的机械方面的基本知识和基本技能。

(3) 以够用为度,简化理论分析。将原机械类三门基础课综合为一门课程,既精简了内容又保证基本知识的完整性,为机械类学生学习专业课和掌握实践技能留出较大空间。

(4) 为培养学生分析问题和解决实际问题的能力,每章配有一定数量的复习思考题,以帮助学生复习巩固所学知识。

本书由陕西纺织服装职业技术学院苏生荣(第1章、附录)和陕西省建筑材料工业学校徐军(第7章)担任主编;陕西省电子信息学校张玲霞(绪论)、陕西省机电工程学校杨卫民(第2章)和陕西省电子工业学校李小强(第7章)担任副主编;陕西纺织服装职业技术学院贺爱霞(第3章)、陕西省电子信息学校王菊兰(第4章)、陕

西省电子信息学校柴荣霞(第5章)、陕西省电子信息学校郭江华(第5章)、陕西省石油化工学校崔峰(第6章)参与编写。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

绪 论	/1
第一节 机器及其组成	/1
第二节 本课程的性质、任务和内容	/4
复习思考题	/5
第一章 常用金属材料及热处理	/6
第一节 金属材料的力学性能	/6
第二节 常用金属材料	/14
第三节 钢的热处理简介	/32
复习思考题	/38
第二章 工程力学基础	/40
第一节 力学基础	/40
第二节 构件的受力与变形	/45
复习思考题	/50
第三章 常用传动机构	/51
第一节 平面连杆机构	/51
第二节 凸轮机构	/63
第三节 间歇运动机构	/69
复习思考题	/75
第四章 带传动与链传动	/77
第一节 带传动	/77
第二节 链传动	/86
复习思考题	/91

第五章 齿轮传动	/92
第一节 概述	/93
第二节 直齿圆柱齿轮传动	/95
第三节 其他类型齿轮传动	/100
第四节 齿轮的失效形式	/106
第五节 定轴轮系	/109
复习思考题	/112
第六章 轴系零件	/113
第一节 轴	/113
第二节 滚动轴承	/117
第三节 滑动轴承概述	/121
复习思考题	/123
第七章 常用联接	/125
第一节 螺纹联接	/125
第二节 键、销联接	/137
第三节 联轴器、离合器、制动器	/146
第四节 粘接	/157
复习思考题	/160
附录	/161
参考文献	/176

绪 论

人们在日常生活和生产中已经使用过和看到过各种类型的机器,如洗衣机、缝纫机、电动自行车、摩托车、汽车、火车、飞机、内燃机和机床等。机器的种类很多,为了正确地使用和维护机器,就必须了解机器的组成及其各部分的相互关系,初步掌握它们的共同特点及有关的基本概念。

第一节 机器及其组成

一、机器与机构

(一) 机器

日常生活中常见的自行车如图 0-1 所示,它是人们生活中最简捷的代步工具。一辆自行车由上百个零件所组成,其中车把、前叉、前轮与车架组成转向机构,前轮、后轮与车架组成行走机构,大小链轮、链条组成链传动机构,将人施加于脚蹬的动力传递给后轮,通过后轮驱动自行车行进。



图 0-1 自行车

图 0-2 所示为一台单缸内燃机。它是一台将燃料(液体或气体燃料)与空气混合后直接送入燃烧室,使其燃烧产生的热能转化为机械能的装置,其中活塞 2、连杆 3、曲轴 4 和缸体(连同机架) 1 组成主体部分,缸内燃烧的气体膨胀,推动活塞下行,通过连杆使得曲轴转动;凸轮轴 6、进排气阀推杆 5 和机架组成进排气的控制部分,凸轮轴转动,使得气阀按时启闭,分别控制进气和排气;凸轮轴上的齿轮 7、曲轴上的齿轮 8 和机架组成传动部分,曲轴转动,通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述三个部

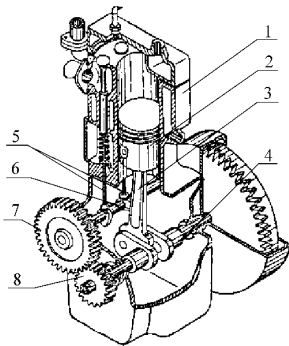


图 0-2 单缸内燃机

分相互配合,共同保证整个内燃机协调地工作。

机器的种类繁多,各类机器具有不同的用途,其工作原理和结构形式也各不相同,但各类机器都具有以下三个共同特征:

- (1) 都是人为的实物组合体。
- (2) 各组成部分之间具有确定的相对运动。
- (3) 能实现能量转化或完成有用的机械功。

综上所述,机器是一种能实现能量转化或完成有用机械功的实物组合体。凡是具有以上三个特征的实物组合体都可称为机器。

(二) 机构

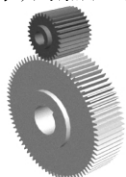
只具备机器前两个特征的装置称为机构。机构也是一种人为的实物组合体,各部分之间具有确定的相对运动。机器与机构的区别就在于机器能实现能量转化或做有用的机械功,而机构却不能独立做功或转化能量,机构只能传递运动或变换运动形式。如图 0-2 所示单缸内燃机中的齿轮传动机构,是将曲轴的转动传递给凸轮轴,而凸轮机构是将凸轮轴的转动变换成控制杆的往复移动,保证了进气阀门和排气阀门的有规律启闭。由此可见,机器是由机构组成的,如图 0-2 所示单缸内燃机主要由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构等组成。

仅从结构和运动的角度来看,机器与机构两者之间并无区别。因此,工程上常用机械一词作为机器和机构的总称。

二、零件、部件与构件

从制造的角度来看,一台机器是由若干个零件组成的,零件是机器的制造单元。

零件一般分为两大类:一类是通用零件,是在各种机器中都能使用的零件,常见的有齿轮、螺栓、轴、带轮等,机械传动中常用的齿轮传动如图 0-3a 所示;另一类是专用零件,是在特定类型的机器中才能使用的零件,常见的有曲轴、活塞、吊钩、叶片、叶轮等,内燃机中常见的曲轴如图 0-3b 所示。



(a) 通用零件



(b) 专用零件



(c) 部件

图 0-3 零、部件示意图

机器在装配时,通常把联接关系比较紧密的一些零件先装配在一起组成一个独立的组装件,称为部件。例如,自行车在装配时先把车圈、内外轮胎、辐条等零件装配在一起组成前、后轮,然后再与车架进行装配。机器中常见的部件有滚动轴承、减速器、离合器、制动器等,部件是机器的装配单元,常见的减速器如图 0-3c 所示。

从运动的角度来看,将机构中具有确定相对运动的运动单元称为构件。构件可以是一个零件,也可以是几个零件组成的运动单元。如图 0-1 所示自行车的前、后轮,就是由车圈、内外轮胎、辐条等零件组成的运动单元。构件与零件的区别在于构件是运动单元,而零件是制造单元。

三、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,在蒸汽机出现以后,机器才有了完整的形状。图 0-4 所示为整台机器的组成框图,图中中间部分表示机器的基本组成部分,上下两部分表示机器的附加组成部分。

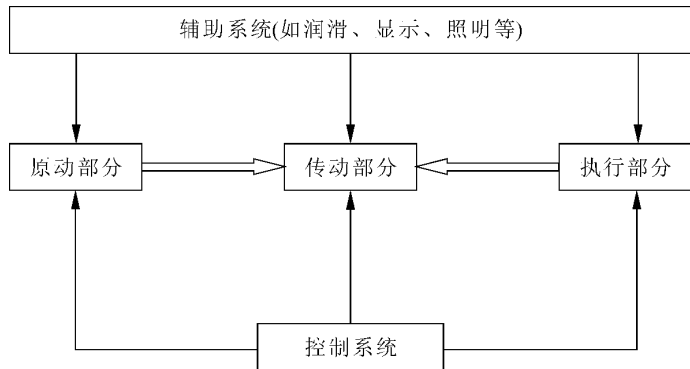


图 0-4 机器的组成框图

原动部分——驱动整台机器完成预定功能的动力来源。一般来说,它用来把其他形式的能量转化为机械能。原动机的动力输出绝大多数呈现为转动和转矩。原动机的发展经历了如下过程:



执行部分——用来完成机器预定功能的组成部分。一台机器可以只有一个执行部分,也可以把机器的功能分解成几个执行部分。

传动部分——用来联接原动部分和执行部分,将原动机的运动和动力转变为执行部分所需的运动和动力参数。例如,把旋转运动转化为直线运动,高转速变为低转速,小转矩变为大转矩等。机器中常用的传动形式有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动四种。其中机械传动应用最为广泛。

随着机器的功能越来越多,对机器的制造精度、运转精度、自动控制等要求也越来越高。因此,机器除了上述三个基本组成部分外,还会不同程度地增加其他部分,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,方向盘及其转向装置、换挡操纵杆、制动脚踏板、油门脚踏板等构成它的控制系统,油量表、速度表、里程表等仪表构成它的显示系统,前后灯、仪表盘照明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。

四、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、材料科学及精密制造技术、系统总体优化技术的快速发展,传统机械在产品结构和控制系统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制造基础,以电子技术为控制核心的高新技术的综合系统。

随着现代科学技术的发展,人类综合应用各方面的知识和技术,不断地创造出各种新型机器。因此,现代机器也有了新的含义。现代机器的定义是:一种用来转化或传递能量、物料和信息并能执行机械运动的装置。这个定义具有广泛性和较强的包容性。

第二节 本课程的性质、任务和内容

机械基础是中等职业学校机械类专业的一门专业基础课。通过学习,使学生熟悉和掌握常用金属材料、工程力学基础、常用机构、机械传动及轴系零件的基本知识、工作原理和应用特点;初步掌握分析机械工作原理的基本方法;能做简单的有关计算;会查阅有关技术资料 and 选用标准件。为学习专业课程和今后在工作中合理使用、维护机械设备以及进行技术革新提供必要的基础知识。

在学习机械基础课时,要理论联系实际,综合运用文化课、机械制图等课程的基础知识,联系日常生活、实习中的具体事例,培养和提高分析问题和解决问题的能力。

本课程的主要内容如下:

(1) 常用金属材料及热处理 包括常用金属材料的性能、牌号、选用及常用的热处理方法。

(2) 工程力学基础 主要讨论力的基本概念、力的分解、构件的基本变形及强度条件的建立。

(3) 常用机构 常用机构包括平面连杆机构、凸轮机构及其他常用机构。主要讨论它们的结构、工作原理及应用场合等。

(4) 常用机械传动 常用机械传动包括带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动和轮系。主要讨论机械传动的类型、组成、工作原理、传动特点、传动比计算及应用场合等。

(5) 轴系零件 轴系零件包括常用联接件、轴、轴承、联轴器、离合器和制动器。主要讨论它们的结构、特点、常用材料和应用场合,并介绍有关标准及选用方法。

复习思考题

1. 用生活中的三个实例,说明机构具有的特征。
2. 用生产中的三个实例,说明机器具有的特征。
3. 用实例说明构件和零件的区别。

第一章 常用金属材料及热处理

金属材料是工业生产中应用最广泛的材料。金属材料不仅来源丰富,而且具有良好的力学、物理、化学和工艺性能,便于制造各种机械零件,能够满足工业生产和科学技术发展的需要。

金属材料包括纯金属和合金两大类。由于纯金属的力学性能较低,使用较少,所以在机械制造业中常用的金属材料以合金为主。在工业生产中,设计、制造各类机械时,为了满足使用性能的要求,首先要正确、合理地选择金属材料,使金属材料的性能得以充分发挥。为了便于加工制造、改善和提高金属材料的性能,还可通过热处理来改变金属材料的性能。本章重点介绍常用金属材料的分类、牌号、力学性能、用途及热处理的基本知识。

第一节 金属材料的力学性能

由金属材料制成的机械零件,在加工制造和使用过程中会受到各种外力的作用。因此,要求金属材料在受到外力作用时,必须具有足够的抵抗能力而不被破坏。金属材料在外力作用时表现出来的抵抗能力称为金属材料的力学性能。常用力学性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

金属材料在固态下受到外力作用时,其几何尺寸和形状也会发生变化,将这种变化称为变形。金属材料的变形分为弹性变形(可以恢复原状的变形)和塑性变形(不能恢复原状的变形,即永久变形)两种。

金属材料在固态下受到外力作用时,其内部会产生阻止变形的抗力,这种抗力在数值上与所受到的外力大小相等、方向相反,将这种抗力称为内力。为了便于比较不同金属材料的力学性能好坏,通常用应力作为金属材料力学性能的衡量指标。所谓的应力,是指金属材料单位面积上的内力。应力的国际单位为帕斯卡(N/m^2),用符号 Pa 表示。常用单位有兆帕,用符号 MPa 表示, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$; 应力的工程单位为 kgf/cm^2 ,它们之间的换算关系为: $1\text{MPa} \approx 10^5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

一、强度

金属材料在外力作用下,抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。常用的强度指标有屈服极限(或屈服点)和强度极限(或抗拉强度),其大小用应力表示。

金属材料的强度指标通常用拉伸试验进行测定。测定时,将被测金属材料按国家标准规定的形状和尺寸制成标准试样,装夹在金属材料拉伸试验机上,对试样缓慢施加拉力,使试样不断产生伸长变形,直到拉断试样为止。在试验过程中,拉伸试验机能自动记录拉力 F 与试样伸长量 Δl 之间的变化关系,并绘制出 $F-\Delta l$ 的变化关系曲线,称为拉伸曲线。不同材料,或相同材料因热处理状态不同,其拉伸曲线的形状也不同,低碳钢退火状态下的拉伸曲线如图 1-1 所示。

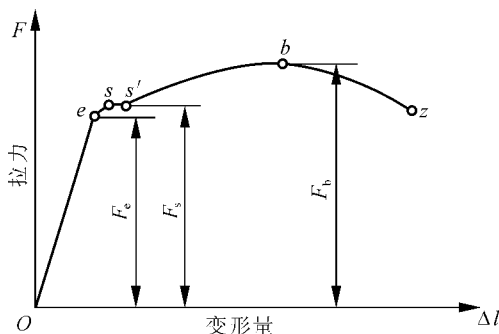


图 1-1 低碳钢退火状态下的拉伸曲线

(一) 拉伸曲线分析

由低碳钢拉伸曲线可以看出,试样从受力到拉断的过程中,经历了以下几个阶段的变形。

1. 弹性变形阶段

拉伸曲线上, oe 段为直线,表示试样的变形与拉力成正比关系。这时,若去除拉力,试样完全可以自行恢复原状,即受力发生变形,力消失变形也随之消失,这种变形即为弹性变形。 e 点对应的拉力 F_e 是材料保持弹性变形的最大拉力。

2. 弹—塑性变形阶段

当拉力超过 F_e 时,即 es 段,试样的变形与拉力不再成正比关系,说明材料在发生弹性变形的同时还出现了微量的塑性变形,即使去除拉力,试样也不能完全恢复原状。

3. 塑性变形阶段

拉伸曲线上, ss' 几乎接近于水平线, 说明拉力超过 s 点对应的拉力 F_s 时, 即使拉力不增加, 试样变形仍在继续, 这种现象称为金属材料的屈服。当拉力超过 F_s 时, 材料开始发生大量的塑性变形; 当拉力到达 F_b 时, 试样直径会发生局部收缩, 称为缩颈现象, 此后, 试样缩颈处逐渐变细, 直到 z 点时发生断裂。

通过对拉伸曲线的分析, 可以得知, 曲线上 e 、 s 、 b 三点对应的拉力 F_e 、 F_s 、 F_b 分别是: F_e ——材料能保持弹性变形的最大拉力, F_s ——材料发生屈服时的拉力, F_b ——材料拉断前所承受的最大拉力。因此, 工程上通常将这三点对应的应力作为材料强度的重要指标。

(二) 常用强度指标

1. 弹性极限

弹性极限是材料能保持弹性变形的最大应力, 用符号 σ_e 表示, 可由下式计算:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0}$$

式中 F_e ——材料能保持弹性变形的最大拉力, N;

A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

弹性极限表征金属材料保持弹性变形的能力, σ_e 是设计弹簧、弹性元件的选材依据。

2. 屈服极限

屈服极限是材料出现屈服现象时的最小应力, 用符号 σ_s 表示, 可由下式计算:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 F_s ——材料屈服时所受的拉力, N;

A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

屈服极限表征金属材料开始产生塑性变形的抵抗能力, σ_s 值越大, 表明金属材料开始产生塑性变形的抵抗能力越大。屈服极限 σ_s 是工程中, 塑性材料零件设计、选材的主要依据。大多数机器零件在工作过程中是不允许出现塑性变形的。例如, 汽车发动机中气缸盖与气缸体之间的联接螺栓, 为了保证密封性, 螺栓在工作过程中是不允许出现塑性变形的。因而在设计联接螺栓时, 就要以屈服极限 σ_s 作为强度计算的依据。

在工程实际中,有些金属材料(脆性材料)并没有明显的屈服现象,很难确定其屈服极限 σ_s 。对于脆性材料,国家标准规定,用试样产生残余伸长量为0.2%时的应力作为脆性材料的屈服极限,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。灰口铸铁(脆性材料)的屈服极限表示如图1-2所示。

(三) 强度极限

强度极限(或抗拉强度)是金属材料在拉断前所能承受的最大应力,用符号 σ_b 表示。可由下式计算:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 F_b ——试样拉断前所承受的最大拉力,N;

A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

强度极限 σ_b 表征金属材料产生均匀塑性变形的抵抗能力,是工程中脆性材料零件设计、选材的主要依据。

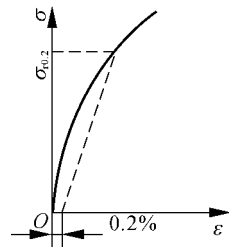


图1-2 灰口铸铁的应力-应变曲线

二、塑性

金属材料在外力作用下,产生永久变形但不被破坏的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。塑性指标也是由拉伸试验测定的。

(一) 伸长率

试样拉断后,标距长度的伸长量与原始标距长度之比的百分率称为伸长率,用符号 δ 表示。可由下式计算:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样的原始标距长度,mm;

l_1 ——试样拉断后的标距长度,mm。

伸长率大小与试样尺寸有关。国家标准规定,标准拉伸试样按长径比有:长试样($l_0 = 10d_0$, d_0 ——试样原始直径)和短试样($l_0 = 5d_0$)两种。长试样的伸长率用 δ_{10} 或 δ 表示,短试样的伸长率用 δ_5 表示。同一材料用长试样和短试样测出的伸长率的值是不同的,两者没有可比性。

(二) 断面收缩率

试样拉断后,断口处横截面积的收缩量与原始横截面积之比的百分率称为断面收缩率,用符号 ψ 表示。可由下式计算:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样断口处横截面积, mm^2 。

金属材料的 δ 和 ψ 值越大, 表明材料的塑性越好。工程实际中, 通常用 δ 表征材料的塑性好坏。一般把 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料, $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。塑性材料可以通过压力加工的方法制成机器零件, 而脆性材料只能用铸造的方法制成机器零件。

三、硬度

金属材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力称为硬度。

硬度实质上是反映金属材料抵抗局部塑性变形的能力大小。金属材料硬度越高, 抵抗局部塑性变形的能力就越大。由于硬度测试方法简单, 操作方便、迅速, 又不会破坏零件, 因而在实际生产中应用十分广泛。

常用硬度指标有: 布氏硬度 (HBS、HBW)、洛氏硬度 (HRA、HRB、HRC) 及维氏硬度 (HV)。金属材料硬度值的测定, 是用相应的硬度计按不同的测试方法和数据处理而确定的。常用的硬度试验方法有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法及维氏硬度试验法等。

(一) 布氏硬度

1. 试验方法

布氏硬度测试是在布氏硬度试验机上进行的, 试验时, 用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头, 在相应的试验载荷作用下压入试样或被测金属表面, 保持规定的时间后卸掉载荷, 以压痕单位面积上所受的载荷大小来表示其硬度值。布氏硬度试验示意图如图 1-3 所示。

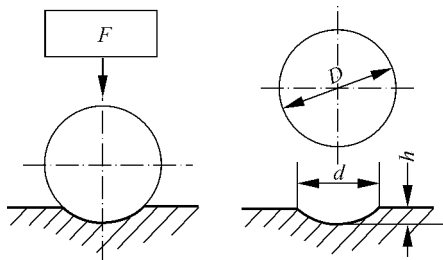


图 1-3 布氏硬度试验示意图