

中等职业学校规划教材

机械基础

(机械类专业适用)

谷京云 主编



化学工业出版社

中等职业学校规划教材

机械基础

(机械类专业适用)

谷京云 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据课程综合化与模块化教学改革的需要,对知识结构进行了适当调整,更加侧重于实际应用能力的培养。全书共分八章,主要内容包括构件的承载能力分析、常用工程材料与热处理、常用机构、连接、挠性传动、齿轮传动、轴、轴承等。内容遵循由浅入深、由易到难、由简单到复杂循序渐进的规律,以提高学生的综合知识和基本技能。本书采用了最新的标准和规范。

本书可作为中等职业学校机械类相关专业学生的教材,也可作为成人教育和职业培训的教材或参考用书。

机械基础

(中等职业学校机械类教材)

谷京云 主编

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/谷京云主编. —北京:化学工业出版社,
2007.5
中等职业学校规划教材
ISBN 978-7-5025-9650-7

I. 机… II. 谷… III. 机械学-专业学校-教材
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 059245 号

责任编辑:高钰 韩庆利
责任校对:蒋宇

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张10 1/4 字数256千字 2007年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:18.00 元

版权所有 违者必究

欢迎加入化学工业出版社读者俱乐部

您可以在我们的网站 (www.cip.com.cn) 查询、购买到数千种化学、化工、机械、电气、材料、环境、生物、医药、安全、轻工等专业图书以及各类专业教材, 并可参与专业论坛讨论, 享受专业资讯服务, 享受购书优惠。欢迎您加入我们的读者俱乐部。

两种入会途径 (免费)

- ◇ 登录化学工业出版社网上书店 (www.cip.com.cn) 注册
- ◇ 填写以下会员申请表寄回 (或传真回) 化学工业出版社

四种会员级别

- ◇ 普通会员 ◇ 银卡会员 ◇ 金卡会员 ◇ VIP 会员

化学工业出版社读者俱乐部会员申请表

姓名:	性别:	学历:
邮编:	通讯地址:	
单位名称:	部门:	
您从事的专业领域:		职务:
电话:	E-mail:	

- 您希望出版社给您寄送哪些专业图书信息? (可多选)

☐ 化学 ☐ 化工 ☐ 生物 ☐ 医药 ☐ 环境 ☐ 材料 ☐ 机械 ☐ 电气 ☐ 安全 ☐ 能源 ☐ 农业
☐ 轻工 (食品/印刷/纺织/造纸) ☐ 建筑 ☐ 培训 ☐ 教材 ☐ 科普 ☐ 其他 ()

- 您希望多长时间给您寄一次书目信息?

☐ 每月 1 次 ☐ 每季度 1 次 ☐ 半年 1 次 ☐ 一年 1 次 ☐ 不用寄

- 您希望我们以哪种方式给您寄送书目? ☐ 邮寄纸介质书目 ☐ E-mail 电子书目

此表可复印, 请认真填写后发传真至 **010-64519686**, 或寄信至: 北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社发行部 读者俱乐部收 (邮编 100011)

联系方法:

热线电话: 010-64518888; 64518899 电子信箱: hy64518888@126.com

前 言

中等职业教育是与经济建设和社会发展关系最为密切的教育。社会需求的职业和岗位群的多样化导致专业的多元化,因此必须进行课程综合化与模块化的教学改革。

中等职业教育的培养目标是“培养热爱祖国、适应社会需求、服务生产一线的技术应用型人才”。本书内容的编写遵照以应用为目的,以实用为主,以够用为度的原则,不强调各部分知识的系统性和学科性,体现中等职业教育的特色,注重与生产实践相结合。同时适当扩大学生的知识面,为学生后续专业课的学习和继续教育打下一定的基础。

本书在体系上有所突破,知识结构上有所调整,在能力培养上有所侧重。它涵盖了构件的承载能力分析、常用工程材料、通用零件及常用机构等课程的主要知识。在编写过程中突出结构分析、机构工作原理分析、机械设备安装维护及日常保养、常用金属材料的性能和应用。同时注重知识更新,采用最新标准和规范,反映了学科的发展趋势。

本书绪论、第五章由谷京云编写,第一章、第二章由周龙江编写,第三章、第六章由彭忠编写,第四章由卢永云编写,第七章、第八章由郑智宏编写。全书由谷京云担任主编并统稿。

本教材适用于中等职业教育机械类相关专业,也可作为职业等级考试、职工业余学习的教学用书。

本书的编写是基于作者对本领域技术发展水平的当前认识,随着科技的迅速发展,有些内容可能会逐渐落后或显得不妥,敬请专家、同仁和读者提出修改意见。

编 者
2007 年 3 月

目 录

绪论	1
一、机械行业及相关领域的职业前景	1
二、机械概述	1
三、课程的内容和学习目标	3
第一章 构件承载能力分析	4
第一节 材料的力学性能	4
一、材料在拉伸时的力学性能	4
二、材料在压缩时的力学性能	7
※三、材料力学性能实验	8
复习思考题	8
第二节 拉伸和压缩	9
一、轴向拉(压)时的内力及横截面上的应力	9
二、许用应力和安全系数	11
三、拉伸、压缩的破坏实例	12
复习思考题	12
第三节 剪切和挤压	13
一、剪切和挤压的概念	13
二、剪切和挤压破坏实例	15
复习思考题	16
第四节 圆轴扭转	16
一、扭转的概念、外力偶矩和扭矩	16
二、圆轴扭转时横截面上的应力	19
三、圆轴扭转破坏实例	20
复习思考题	21
第五节 弯曲	21
一、平面弯曲的概念	22
二、剪力和弯矩	22
三、弯曲时的正应力	24
四、弯曲破坏实例	25
五、提高弯曲强度的主要措施	26
复习思考题	29

第二章 常用工程材料与热处理	30
第一节 工程材料的分类与组织特点	30
一、什么是工程材料？什么是热处理？	30
二、为什么要学习工程材料与热处理？	30
三、工程材料的分类	30
复习思考题	31
第二节 结构钢	31
一、碳素结构钢及其应用	32
二、合金结构钢及其应用	34
复习思考题	37
第三节 工具钢	37
一、刀具、量具钢	38
二、模具钢	41
复习思考题	41
第四节 特殊性能钢	42
一、不锈钢	42
二、耐热钢	43
三、低温用钢	43
四、耐磨钢	44
复习思考题	44
第五节 钢的热处理	44
一、铁碳合金相图	45
二、钢在加热和冷却时的临界温度	46
三、退火及其应用	46
四、正火及其应用	47
五、淬火及其应用	48
六、回火及其应用	50
复习思考题	50
第六节 铸铁	51
一、铸铁的石墨化	51
二、灰铸铁及其应用	51
三、球墨铸铁及其应用	52
复习思考题	54
第七节 典型零件的热处理工艺	54
一、齿轮	54
二、轴	56
三、机床床身	57
复习思考题	57
第八节 其他工程材料	57
一、铝及其合金	57

二、铜及其合金	62
三、尼龙	66
复习思考题	66
第三章 常用机构	68
第一节 平面连杆机构	68
一、平面连杆机构的组成和分类	68
二、铰链四杆机构	69
三、平面连杆机构的演变	72
四、平面连杆机构的特点	75
第二节 凸轮机构	75
一、凸轮机构的组成、类型	75
二、凸轮的特点	76
第三节 间歇运动机构	76
一、间歇机构的功用	76
二、间歇机构的种类及工作原理	77
复习思考题	79
第四章 连接	80
第一节 销	80
复习思考题	81
第二节 键连接	81
一、紧键连接特点及应用	81
二、松键连接特点及应用	82
三、花键连接特点及应用	83
复习思考题	84
第三节 螺纹连接	84
一、螺纹标准	84
二、螺纹连接的类型	86
三、螺纹连接的预紧和防松	88
复习思考题	90
第四节 联轴器和离合器	90
一、联轴器的类型及应用	90
二、离合器的类型及应用	92
三、制动器	94
复习思考题	94
第五章 挠性传动	95
第一节 带传动	95
一、挠性传动概述	95

二、带传动工作原理	95
三、带传动的类型、特点和应用	96
四、普通 V 带和 V 带轮	98
五、普通 V 带传动的张紧、安装与维护	99
第二节 链传动	102
一、链传动的类型、特点和应用	102
二、滚子链与链轮	103
三、链传动的布置、张紧与润滑	105
复习思考题	107
第六章 齿轮传动	108
第一节 齿轮传动的特点、类型及应用	108
一、齿轮传动的特点	108
二、齿轮传动的类型	109
三、齿轮传动的应用	109
第二节 渐开线齿廓	109
一、渐开线的形成及其性质	109
二、渐开线齿廓啮合的特点	109
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮的各部分名称、主要参数及尺寸计算	111
一、渐开线齿轮各部分名称及符号	111
二、渐开线齿轮的主要参数	111
三、举例	113
第四节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	114
一、正确啮合条件	114
二、连续传动条件及标准中心距	114
第五节 渐开线齿轮的加工原理和根切现象	115
一、齿轮加工原理	115
二、根切现象及最少齿数	116
第六节 斜齿圆柱齿轮和直齿圆锥齿轮	117
一、斜齿圆柱齿轮的齿廓形成与啮合特点	117
二、斜齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	117
三、直齿圆锥齿轮传动的特点	118
四、直齿圆锥齿轮传动的正确啮合条件及几何尺寸计算	119
第七节 齿轮传动的失效形式及设计准则	120
一、齿轮传动的失效形式	120
二、齿轮传动的设计准则	120
三、齿轮的零件工作图	121
四、齿轮常用材料和热处理	121
第八节 齿轮修复	122
一、修复基本要求	122

二、修复方法	122
第九节 其他齿轮传动	122
一、蜗杆传动	122
二、齿轮齿条传动	125
第十节 轮系	126
一、轮系的分类及应用	126
二、定轴轮系传动比	127
三、减速器	129
复习思考题	130
第七章 轴	132
第一节 轴的功用及分类	132
一、轴的功用	132
二、轴的分类	132
第二节 轴的材料	134
一、轴的材料要求	134
二、轴的常用材料	134
第三节 轴的结构要求	135
一、轴的结构组成	135
二、轴的结构要求	135
三、提高轴的承载能力的措施	135
第四节 轴上零件的定位与固定	136
一、轴上零件的定位	136
二、轴上零件的固定	139
复习思考题	139
第八章 轴承	140
第一节 滑动轴承	140
一、滑动轴承的结构形式	140
二、滑动轴承的润滑	142
三、滑动轴承的失效形式及维护	145
四、轴瓦结构及材料	145
第二节 滚动轴承	148
一、滚动轴承的结构	148
二、滚动轴承的类型	148
三、滚动轴承的代号	149
四、滚动轴承类型的选择	152
第三节 滚动轴承的失效形式及拆装	153
一、滚动轴承的失效形式	153
二、滚动轴承的拆装	153

绪 论

一、机械行业及相关领域的职业前景

在机械行业里，高科技已经并继续对本领域中的职业类型和岗位产生重大影响。今天的机械行业里有许多令人兴奋的岗位和机会，然而，像其他技术行业一样，它已经成为专业性很强的行业，并且这种趋势日渐增强。例如机械行业的岗位设置包括普通机械师、安装调试师、设备维修师、检验师、生产技术人员和机械操作人员等，只要你想进入机械行业或相关领域，并且为此付出努力实现个人的从业目标，就要学习机械基础方面的相关知识，这样会为你在行业中的发展打下良好的基础。

本课程是中等职业学校机械类专业的一门综合性基础课。所谓综合性，是因为本课程包括工程常见构件的承载能力、常用机械工程材料、机械零件与传动等方面的内容。无论从事机械制造或维修，还是使用、操作机器，都要运用这些基本知识。

二、机械概述

“机械”是一个宽泛的概念，是机器与机构的总称。大到飞机和轮船，小到工具和仪表，都属于机械。人类从使用简单工具到今天能设计和操作复杂的机械设备，经过了漫长的历程。随着生产及科学技术的发展，品种繁多的机械进入了生产和生活的各个方面，改善了人们的劳动和生活条件，提高了生产率。机械的发展和应用程度是人类文明进步的重要物质标志。

在日常生活中经常见到各种机器，如内燃机、发电机、蒸汽机及机床等。图 0-1 所示的带式输送机就是机器的一种。它是由电动机 1、小带轮 2、大带轮 3、主动齿轮 4、从动齿轮 5、联轴器 6、滚筒 7、输送带 8、箱体和支承轴等组成，以电动机为动力，通过带传动、齿轮传动使滚筒转动，从而实现输送带输送物料的功能。

图 0-2 所示的某型号电动助力自行车是一台简单的机器。骑行时，先靠人力作用于脚蹬

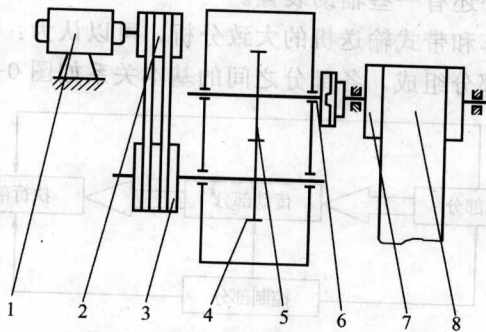


图 0-1 带式输送机示意图

- 1—电动机；2—小带轮；3—大带轮；4—主动齿轮；
5—从动齿轮；6—联轴器；7—滚筒；8—输送带

和大链轮曲柄 16, 经链条 14, 动力传至小链轮 (飞轮) 11, 使后轮受到驱动。如果需要助力, 将控制器 17 上的电源锁旋开, 蓄电池 21 提供的电源与各控制线路接通, 电子显示盘上的绿色电量指示灯亮 (红灯亮时表明电量耗尽, 应予充电)。右手向后缓慢转动调速把手 6, 外转子为驱动轮轮毂的直流电动机 12 启动, 使车速稳定提高, 并有时速显示。右手松开调速把手, 把手自动回位并切断电源, 则恢复到人力驱动状态。骑行时若需紧急刹车, 两手握紧刹车闸把 7, 控制线路与电源切断, 车轮随即停转。上坡、逆风时还可以脚踏助力。这种电动助力车操作简单, 骑行舒适, 不污染空气, 具有电力驱动、人力驱动及电力和人力共同驱动三种骑行功能。

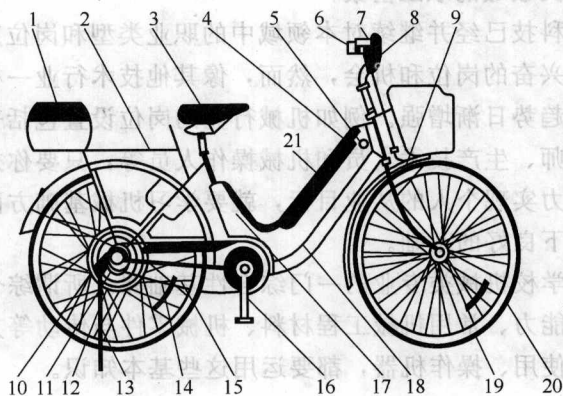


图 0-2 电动助力自行车

- 1—工具箱；2—衣架；3—鞍座；4—充电插孔（左侧）；5—电源锁；6—调速把手；
7—刹车闸把；8—电子显示器；9—前闸；10—后闸（左侧）；11—小链轮（飞轮）；
12—直流电动机（轮毂）；13—支架；14—链条；15—辐条；16—大链轮曲柄；
17—控制器（盖板内）；18—护板；19—轮辋；20—轮胎；21—蓄电池

由这两个例子可以看出, 机器不仅实现了运动形式的变换, 还完成了能量的转换或做有用的机械功。

在电动助力自行车中, 蓄电池 21 和直流电动机 12 是机器动力的来源, 称为动力部分; 车轮 (轮胎 20、轮辋 19、辐条 15 等) 用于行走, 能够完成机器预期的功能, 称为执行部分; 控制器 17、调速把手 6、刹车闸把 7、前闸 9、后闸 10 等能够使机器实现或终止预期的功能, 称为控制部分。此外还有一些辅助装置。

通过对电动助力自行车和带式输送机的大致分析, 可以认为: 机器主要由动力部分、传动部分、执行部分、控制部分组成。各部分之间的基本关系如图 0-3 所示。

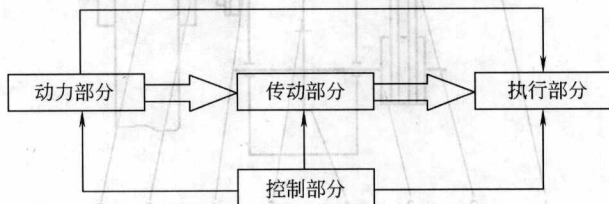


图 0-3 机器各部分之间的基本关系

机器的执行部分, 应按生产工艺要求的运动规律和方式作确定的运动, 由于原动机的输出运动不一定刚好为执行部分的输入运动, 如带式输送机中电动机输出运动为转动, 而物料

要求输入运动为移动,因此有必要讨论改变运动规律或转换运动形式的中间装置的结构和特性,这样便产生了“机构”的概念。

机构是用来传递运动和力的构件系统。复杂的机器由多种机构组成,如带式输送机是由齿轮传动机构、带传动机构等组成,而简单的机器可能只含有一种机构。不难看出,从机械运动的角度去分析,机器是机构或机构的组合。

组成机械的最基本制造单元称为零件。在各类机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺栓、轴、弹簧等;只在某些机械中使用的零件称为专用零件,如自行车上的车把、车架等。在机械中,由若干零件装配在一起所组成的具有独立功能的部分,如轴承、联轴器、离合器、减速器等,称为部件。为简便起见,在不致引起误解时一般不再细分,用“零件”一词泛指零件和部件。

组成机械的最基本运动单元称为构件。构件可以是单一的零件,如输送机中的滚筒;更多的是由若干个零件刚性连接而成,如自行车的车轮。

由上述分析可见,机构和零件是构成机械和实现机械预定功能的基础,是使用和维护机械的对象。

三、课程的内容和学习目标

1. 内容

《机械基础》课程包括三大部分内容。

(1) 构件的承载能力 各种机械设备都由若干构件组成,构件工作时都承受载荷作用。这就要求用力学分析的方法,对构件承载能力进行分析,并使构件工作可靠。

(2) 常用工程材料 介绍常用工程材料组织、性能、牌号及用途。介绍工程上常用的热处理方法,以及合理选择机械常用工程材料的原则和方法。

(3) 通用零件及常用机构 主要介绍机械中通用零件及常用机构的工作原理、运动特征、结构特点。同时,简要介绍国家标准、标准零部件的选用原则以及机器设备的使用和维护。

2. 学习目标

① 通过本课程的学习,读者应掌握物体受力的分析方法,了解杆件基本变形的规律。

② 掌握常用金属材料的牌号、成分、性能及应用范围,了解热处理的方法、目的及应用。

③ 明确机器的基本概念,了解常用机构的组成、基本原理及安装调节,熟悉常用机械零件的结构、性能及国家标准。

学习本课程要以辩证唯物论为指导,提倡理论联系实际,并注重在实验、实习和生产劳动中积累经验,观察思考问题,提出问题,解决问题,提高专业素质和基本技能,从而为学习各工种技术和培养专业技能打下必备的基础。

第一章 构件承载能力分析

为了保证工程结构在载荷作用下正常工作,要求每个构件均应有足够的承受载荷的能力,简称为承载能力。构件承载能力的大小主要是用构件的强度、刚度和稳定性三个方面来衡量。构件具有足够的强度、刚度和稳定性,才能保证构件安全可靠地工作。

本章介绍材料的力学性能、各种变形的定义、特点及常见的破坏形式。

第一节 材料的力学性能

在机械设备及工具的设计、制造中选用材料时,大多以其力学性能为主要依据,因此熟悉和掌握材料的力学性能是非常重要的。

材料的品种是很多的,常用材料可分为塑性材料和脆性材料两大类。它们的力学性能是通过试验测定的,在试验时通常用低碳钢代表塑性材料,用灰铸铁代表脆性材料。为了对不同材料的试验结果进行比较,应将材料加工成标准的拉伸试样,并刻上标距。标准拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两大类。国家标准(GB/T 397—1986)对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。图 1-1 所示为圆形标准拉伸试样。

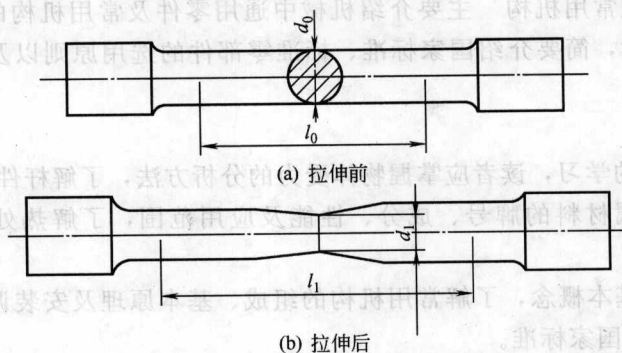


图 1-1 圆形标准拉伸试样

图中 d_0 是试样的直径, l_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样 ($l_0 = 10d_0$) 和短试样 ($l_0 = 5d_0$) 两种。材料许多重要的力学性能指标都是由这一试验测出的。

想一想

1. 为什么要采用标准试样?
2. 有一个试样 $l_0 = 100\text{mm}$, $d_0 = 10\text{mm}$ 。请问它是长试样还是短试样?

一、材料在拉伸时的力学性能

低碳钢是指含碳量在 0.25% 以下的碳素结构钢,它在拉伸试验中表现出来的力学性能

最典型。

如果将拉伸试验中得出的绝对变形 Δl 作为横坐标, 则试验机上的自动绘图装置便能画出 F 与 Δl 的关系曲线 (见图 1-2), 称为力-伸长曲线或拉伸图。

图中纵坐标表示力 F , 单位为 N ; 横坐标表示伸长量 Δl , 单位是 mm 。图中明显地表现出四个变形阶段, 即: Oe —弹性变形阶段, es —屈服阶段, sb —强化阶段, bz —缩颈阶段。

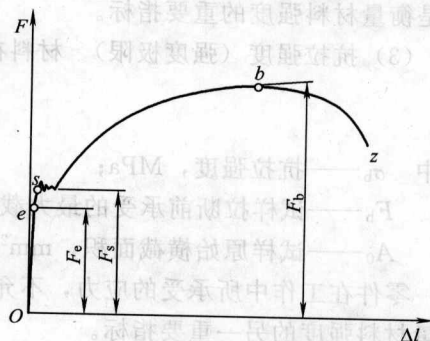


图 1-2 低碳钢的力-伸长曲线

1. 强度

材料抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度, 强度大小通常用应力来表示。

材料受外力作用时, 在材料内部作用着与外力相对抗的力, 称为内力。单位面积上的内力称为应力。用符号 σ 表示, 即

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

式中 σ ——应力, MPa , $1MPa = 1N/mm^2 = 10^6 Pa$ (帕) (国际单位是 Pa);

F ——外力, N ;

A_0 ——试样原横截面积, mm^2 (国际单位是 m^2)。

(1) 弹性极限 材料随载荷的作用而产生, 随载荷的去除而消失的变形, 称为弹性变形。材料只出现弹性变形的应力极限值, 称为弹性极限。用符号 σ_e 表示, 即

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

式中 F_e ——载荷, N ;

A_0 ——原始横截面积, mm^2 ;

σ_e ——弹性极限, MPa 。

(2) 屈服点 (屈服极限) 材料产生屈服现象时的最小应力称为屈服点。即

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

式中 σ_s ——屈服点, MPa ;

F_s ——试样屈服时的载荷, N ;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

有些材料没有明显的屈服现象, 比如铸铁等脆性材料。对于这类材料, 国标规定: 以试样产生标距的 0.2% 残余伸长时的应力作为条件屈服点, 以 $\sigma_{0.2}$ 表示, 称为规定残余伸长应力。计算公式为

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0}$$

式中 $\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长应力, MPa ;

$F_{0.2}$ ——残余伸长率达 0.2% 时的载荷, N ;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

工程实际中的受力构件都不允许发生过大的塑性变形, 所以当其应力达到材料的屈服点或规定残余伸长应力时, 便认为构件已丧失正常的工作能力。因此屈服点或规定残余伸长应

力是衡量材料强度的重要指标。

(3) 抗拉强度 (强度极限) 材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度, 即

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

式中 σ_b ——抗拉强度, MPa;

F_b ——试样拉断前承受的最大载荷, N;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

零件在工作中所承受的应力, 不允许超过抗拉强度, 否则会发生断裂。所以抗拉强度是衡量材料强度的另一重要指标。

想一想

衡量强度的常用指标有哪些? 各用什么符号表示?

2. 塑性

断裂前材料产生永久变形的能力称为塑性, 它也是通过拉伸试验测得的。常用伸长率 (δ) 和断面收缩率 (ψ) 来表示。

(1) 伸长率 试样拉断后, 标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率。其计算公式为

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

式中 δ ——伸长率, %;

l_1 ——试样拉断后的标距, mm;

l_0 ——试样的原始标距, mm。

长、短试样的伸长率分别用 δ_{10} 、 δ_5 表示, δ_{10} 也写成 δ 。

工程中通常将伸长率 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料, 如低合金钢、碳素钢和青铜等。将 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料, 如铸铁、混凝土、石料等。

(2) 断面收缩率 (ψ) 试样拉断后, 缩颈处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率, 即

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 ψ ——断面收缩率, %;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样拉断后缩颈处的横截面积, mm^2 。

从上式可看出: δ 、 ψ 值越大, 表明材料的塑性越好。

想一想

衡量塑性的指标有哪些? 各用什么符号表示?

3. 硬度

材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。硬度测试的方法很多, 最常用的有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法三种。

(1) 布氏硬度 布氏硬度值是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示。用符号