



中等职业学校教学用书(汽车类专业)

汽车机械基础

◎ 丁业立 主编 ◎ 高幸绪 姜雁雁 副主编

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校教学用书（汽车类专业）

汽车机械基础

丁业立 主 编
高幸绪 姜雁雁 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是中等职业学校汽车类专业用书,共9章。主要内容包括:金属的基本知识、钢的热处理、工程材料、机械制图基础、机械制图、机械传动机构、轮系、通用机械零件及连接、其他典型传动简介。

本书作为汽车类专业的通用基础知识教材,紧紧围绕汽车类专业的教学要求,较为全面地介绍汽车常用材料的基本性能和用途,金属材料的热处理;制图基本知识和制图技能;汽车常用的传动机构、典型传动及主要的连接等。

全书内容简单,知识丰富,图文并茂,通俗易懂,内容新颖,覆盖面广,实用性强。

本书适合中等职业学校汽车类专业学生使用。

为了方便教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案及习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础 / 丁业立主编. —北京:电子工业出版社, 2006.8

中等职业学校教学用书·汽车类专业

ISBN 7-121-02944-8

I. 汽… II. 丁… III. 汽车—机构学—专业学校—教学参考资料 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 084052 号

责任编辑:李 影 刘真平

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:三河市万和装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:422.4 千字

印 次:2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:22.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077; 邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

中等职业学校教材工作领导小组

组 长：陈贤忠 安徽省教育厅厅长

副 组 长：李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

睦 平 江苏省教育厅职社处副处长

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任

王传臣 电子工业出版社副社长

组 员（排名不分先后）：

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王学进 河南省职业技术教育教学研究室

刘宏恩 陕西省教育厅职成教处

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西壮族自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室职教室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：蔡 葵 电子工业出版社

前言

为了适应职业院校汽车类专业教学改革的需要，遵循现代职业教育规律，坚持以技能培养为中心，以知识必需和够用为原则，我们根据近几年基础知识教学的实际情况，结合职业院校学生的文化素质水平，参考实际岗位对专业知识的基本要求，组织部分职业学院及中等职业学校教学经验丰富的骨干教师，认真策划与编写了这本教材。全书编写的基本思路是在《机械制图》、《机械原理与机械零件》、《金属材料及热处理》等专业教学的基础上，进行合理、科学、实用的优化组合，并按照知识模块分类总结与巩固。内容选择不仅会让学生掌握更多与充足的基础知识，而且还大大压缩了教学课时，相对提高技能教学课时的比例。另外，在编写过程中始终以汽车为主题，力求使文字、图例、思考、训练等符合主体的要求。全书内容简单，知识丰富，图文并茂，通俗易懂，使用性强，反映了汽车类专业对机械基础知识的基本要求。

本书由山东交通学院丁业立主编，山东省威海市交通学校高幸绪、姜雁雁担任副主编，山东交通学院戚海舰、威海市交通学校蒋延莲参与编写，山东威海职业技术学院刘海主审。在编写本书过程中，参考了有关书籍的部分内容，威海市交通学校王晓琳、姜志红、邹美娜等老师提供了许多宝贵建议，在此一并表示真诚的感谢。

本教材在组织教学中，共需 120 学时，教学计划分配如下（仅供参考）。

章 节	内 容	学 时	编 者
1	金属的基本知识	8	戚海舰
2	钢的热处理	6	丁业立
3	工程材料	10	丁业立
4	机械制图基础	36	姜雁雁
5	机械制图	24	丁业立
6	机械传动机构	18	高幸绪
7	轮系	4	高幸绪
8	通用机械零件及连接	8	蒋延莲
9	其他典型传动简介	6	高幸绪

由于编者水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案和习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail: hxedu@phei.com.cn)。

编 者

2006年5月



目 录



第 1 章 金属的基本知识	1
1.1 材料的分类	1
1.2 金属材料的性能	2
1.2.1 金属材料的物理和化学性能	2
1.2.2 金属材料的工艺性能	3
1.2.3 金属材料的力学性能	4
1.3 金属的晶体结构及结晶	8
1.3.1 晶体结构的概念	8
1.3.2 金属的结晶	9
1.3.3 金属的同素异构转变	10
1.4 铁碳合金	10
1.4.1 铁碳合金的组织	10
1.4.2 铁碳合金的分类及成分对性能的影响	11
模块知识小结	12
习题	12
第 2 章 钢的热处理	14
2.1 钢在加热、冷却时的组织转变	14
2.1.1 钢在加热时的组织转变	14
2.1.2 钢在冷却时的组织转变	15
2.2 钢的退火和正火	16
2.2.1 退火	16
2.2.2 正火	16
2.3 钢的淬火	17
2.3.1 淬火工艺	17
2.3.2 淬透性及淬硬性	17
2.3.3 淬火缺陷	18
2.4 钢的回火	18
2.4.1 淬火钢在回火时性能的变化	18
2.4.2 回火的种类及应用	19
2.5 钢的表面热处理	19
2.5.1 表面淬火	19

2.5.2 表面化学热处理	20
模块知识小结	21
习题	21
第3章 工程材料	24
3.1 碳素钢	24
3.1.1 钢中的杂质元素	24
3.1.2 碳素钢的分类、牌号和用途	25
模块知识小结	28
习题	28
3.2 合金钢	29
3.2.1 合金钢的分类	30
3.2.2 合金钢的牌号、性能和用途	31
模块知识小结	37
习题	37
3.3 其他工程材料	38
3.3.1 铸铁	38
3.3.2 有色金属及其合金	42
模块知识小结	49
习题	49
3.4 金属的腐蚀及防腐蚀方法	50
3.4.1 金属的腐蚀	50
3.4.2 金属的防腐蚀方法	53
模块知识小结	54
习题	54
第4章 机械制图基础	55
4.1 投影法的基本知识	55
4.1.1 投影的概念	55
4.1.2 投影法的分类	55
4.2 三视图的形成与投影规律	56
4.2.1 三视图的形成	56
4.2.2 三视图的投影规律	57
4.2.3 三视图的作图方法和步骤	58
模块知识小结	59
习题	59
4.3 点、线、面的投影	60
4.3.1 点的投影	60
4.3.2 直线和平面的投影特性	62
4.3.3 直线的投影	62
4.3.4 平面的投影	65

模块知识小结	68
习题	68
4.4 轴测图的画法	69
4.4.1 正等轴测图(正等测)	69
4.4.2 斜二等轴测图(斜二测)	72
4.5 平面立体	73
4.5.1 棱柱	73
4.5.2 棱锥	75
4.6 回转体	76
4.6.1 圆柱	76
4.6.2 圆锥	77
4.6.3 球	78
模块知识小结	79
习题	79
4.7 截交与相贯	80
4.7.1 平面立体的截交线	80
4.7.2 曲面立体的截交线	81
4.7.3 相贯线	83
4.8 组合体的画法与读图	86
4.8.1 组合体的组合形式及表面连接处的画法	86
4.8.2 组合体投影的画法	87
4.8.3 组合体的尺寸标注	90
4.8.4 读组合体视图的方法与步骤	91
模块知识小结	97
习题	97
4.9 机件的表达方法	98
4.9.1 视图	98
4.9.2 剖视图	101
4.9.3 断面图	107
4.9.4 表达方法综合应用示例	109
模块知识小结	111
习题	111
第5章 机械制图	113
5.1 零件图	113
5.1.1 零件图的作用和内容	113
5.1.2 零件表达方案的选择	114
5.1.3 零件图尺寸的标注	117
5.1.4 公差与配合	121
5.1.5 形状和位置公差	124

5.1.6 表面粗糙度在零件图上的标注	126
模块知识小结	130
习题	130
5.2 标准件与常用件	131
5.2.1 螺纹	131
5.2.2 螺纹紧固件的连接画法	138
5.2.3 键与销	140
5.2.4 齿轮	141
5.2.5 弹簧与滚动轴承	143
模块知识小结	145
习题	145
5.3 装配图	147
5.3.1 装配图的作用和内容	147
5.3.2 装配图的表达方法	147
5.3.3 装配图的其他内容	150
5.3.4 装配结构简介	152
5.3.5 读装配图	153
模块知识小结	155
习题	155
第6章 机械传动机构	157
6.1 概述	157
6.2 机构的自由度	158
6.2.1 构件的自由度	158
6.2.2 运动副和约束	158
6.2.3 运动副的分类	159
6.2.4 构件的分类	160
6.2.5 机构具有确定的相对运动的检验	161
模块知识小结	164
习题	164
6.3 平面连杆机构	165
6.3.1 铰链四杆机构	165
6.3.2 相邻构件转整周的条件	167
6.4 移副四杆机构	168
6.4.1 单移副机构相邻构件间转整周的条件	168
6.4.2 单移副四杆机构及其类型	168
6.5 四杆机构的基本特性	170
6.5.1 行程速度变化系数	170
6.5.2 压力角与传动角	171
6.5.3 死点位置	171

模块知识小结	172
习题	172
6.6 凸轮机构	173
6.6.1 凸轮机构的应用	173
6.6.2 凸轮机构运动过程	174
6.6.3 位移线图	175
6.7 螺旋机构	175
6.7.1 螺旋机构的类型和应用	175
6.7.2 螺旋机构及其运动分析	176
模块知识小结	177
习题	178
6.8 齿轮机构	178
6.8.1 齿轮机构的分类及其优缺点	178
6.8.2 渐开线齿廓	180
6.8.3 渐开线标准齿轮	183
6.8.4 渐开线标准齿轮的啮合	184
6.8.5 蜗杆传动的特点及正确啮合	189
6.8.6 蜗杆传动机构	190
6.8.7 齿轮传动的维护	192
模块知识小结	193
习题	193
第7章 轮系	196
7.1 定轴轮系	196
7.2 行星轮系	198
模块知识小结	202
习题	202
第8章 通用机械零件及连接	203
8.1 机械零件的工作能力	203
8.2 机械零件的摩擦知识	203
8.2.1 摩擦和润滑	203
8.2.2 磨损	205
8.2.3 防止磨损引起失效的措施	206
8.3 机械零件的材料选择	206
8.4 连接	206
8.4.1 键连接	208
8.4.2 销连接	210
8.4.3 螺纹连接的类型	210
8.4.4 螺纹紧固件	212
8.4.5 螺纹连接的预紧和防松	214

模块知识小结	216
习题	216
第9章 其他典型传动简介	217
9.1 带传动	217
9.1.1 带传动的类型、特性和应用	217
9.1.2 V带与V带轮	218
9.1.3 V带传动不打滑条件	221
9.1.4 V带传动的张紧、安装与维护	222
9.1.5 几种新型带传动简介	223
9.2 链传动	224
9.2.1 链传动的结构、特点和应用	224
9.2.2 链传动的布置、安装、张紧和润滑	224
9.3 轴	226
9.3.1 轴的分类与应用	226
9.3.2 轴的材料选择	227
9.3.3 轴的结构	228
9.4 联轴器和离合器	230
9.4.1 固定式刚性联轴器	231
9.4.2 可移式刚性联轴器	231
9.4.3 弹性联轴器	233
9.4.4 安全联轴器	235
9.4.5 牙嵌式离合器	236
9.4.6 摩擦式离合器及定向离合器	237
9.5 滚动轴承	239
9.5.1 滚动轴承的类型与代号	239
9.5.2 滚动轴承类型及系列的选择	244
模块知识小结	246
习题	246
参考文献	248

第1章 金属的基本知识



制造一辆汽车，需要使用大量的各种工程材料，其中以金属材料为主。作为一名汽车专业的学生，今后要经常接触汽车上的各种材料。因此，要掌握有关金属材料与热处理的基本知识，为以后的工作打下基础。

1.1 材料的分类

材料可分为金属材料和非金属材料两大类，其中使用最广泛的是金属材料。非金属材料又可分为塑料、橡胶、陶瓷及复合材料等。

金属是指具有良好的导电性和导热性，有一定的强度和塑性，并具有光泽的物质，如铁、铝和铜等。金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料组成的，并具有金属特性的工程材料。它包括纯金属和合金。金属材料，尤其是钢铁材料在国民经济及其他方面都有重要作用，这是因为它具有比其他材料优越的性能，如物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能。它能够适应生产和科学技术发展的需要。金属（或金属材料）通常分为黑色金属和有色金属两大类。

1. 黑色金属

以铁或以铁为主而形成的物质，称为黑色金属，如钢和铸铁。

2. 有色金属

除黑色金属以外的其他金属，称为有色金属，如铜、铝和镁等。

在机械制造工业中，常用的金属材料如图 1-1 所示。

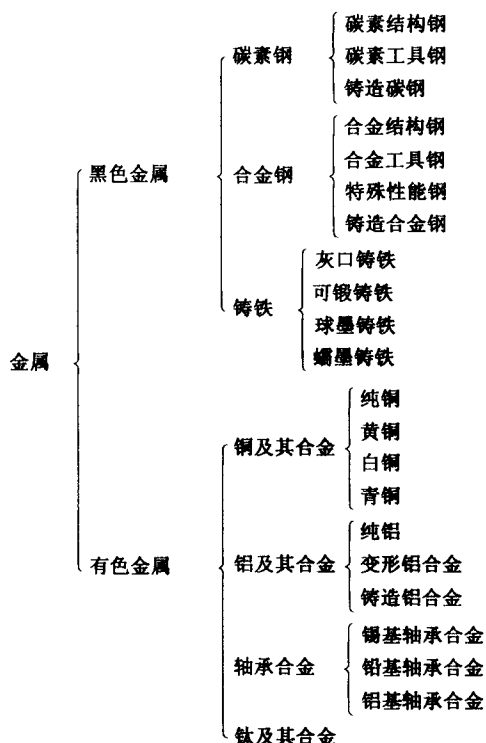


图 1-1 常用的金属材料



1.2 金属材料性能

金属材料是现代汽车制造业的基本材料,如发动机的曲轴、活塞等都需要用金属材料来制造。金属材料之所以在汽车制造业中获得广泛的应用,是因为它具有许多优良的性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的特性,它包括力学性能、物理性能、化学性能等;工艺性能是指金属材料在加工制造过程中所表现出来的特性,主要有锻造性能、铸造性能、焊接性能、切削性能、热处理性能及冷变形性能等。

1.2.1 金属材料的物理和化学性能

1. 物理性能

金属的物理性能是指金属固有的属性,包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

(1) 密度

某种物质单位体积的质量称为该物质的密度。

金属的密度即是单位体积金属的质量。在体积相同的情况下,金属材料的密度越大,其质量也越大。

(2) 熔点

金属或合金从固态向液态转变时的温度称为熔点。熔点高的金属称为难熔金属,可用来制造耐高温零件;熔点低的金属称为易熔金属,可用来制造熔断丝和防火安全阀等零件。

(3) 导热性

金属材料传导热量的性能称为导热性。金属的导热能力以银为最好,铜、铝次之。导热性是金属材料的重要性能之一,在制订焊接、铸造和热处理工艺时必须考虑材料的导热性,防止金属材料在加热或冷却过程中形成过大的内应力,以致变形或开裂。导热性好的金属散热也好,因此在制造散热器、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

金属材料传导电流的性能称为导电性。金属的导电性以银为最好,铜、铝次之。导电性好的金属,如纯铜、纯铝适于做导电材料;导电性差的金属,如铁铬铝合金适于做电热元件。

(5) 热膨胀性

金属材料随温度变化而膨胀、收缩的特性称为热膨胀性。一般来说,金属受热时膨胀而体积增大,冷却时收缩而体积缩小。在实际工作中考虑热膨胀性的地方很多,例如,轴与轴瓦之间要根据热膨胀性来控制其间隙尺寸;在制订焊接、热处理、铸造等工艺时,必须考虑材料热膨胀的影响,以减小工件的变形和开裂;测量工件的尺寸时,也要注意热膨胀的影响,以减小测量误差。

(6) 磁性

金属材料在磁场中受到磁化的性能称为磁性。根据金属材料在磁场中受到磁化程度的



不同,可分为铁磁性材料(如铁、钴等)、顺磁性材料(如锰、铬等)、抗磁性材料(如铜、锌等)三类。铁磁性材料在外磁场中能强烈地被磁化;顺磁性材料在外磁场中,只能微弱地被磁化;抗磁性材料能抗拒或削弱外磁场对材料本身的磁化作用。工程上使用的强磁性材料是铁磁性材料。铁磁性材料可用于制造变压器、电动机、测量仪表等。抗磁性材料则可用做要求避免电磁场干扰的零件和结构的材料。铁磁性材料当温度升高到一定数值时,磁性范围被破坏,变为顺磁体,这个转变温度称为居里点,如铁的居里点是 770°C 。

2. 化学性能

金属的化学性能是指金属在化学作用下所表现出的性能,如耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

(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为耐腐蚀性。腐蚀对金属材料的危害很大。它不仅使金属材料本身受到损伤,严重时还会使金属构件遭到破坏,引起重大的伤亡事故。因此,提高金属材料的耐蚀性能,对于节约金属,延长金属材料的使用寿命,具有现实的经济意义。

(2) 抗氧化性

金属材料在加热时抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。金属材料的氧化随温度的升高而加速。例如,钢材在铸造、锻造、热处理、焊接等热加工过程中,氧化比较严重。这不仅造成材料过量的损耗,也可形成各种缺陷。为此,常在工件的周围造成一种保护气氛,避免金属材料的氧化。

(3) 化学稳定性

化学稳定性是金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。金属材料在高温下的化学稳定性称为热稳定性。在高温条件下工作的零部件,需要选择热稳定性好的材料来制造。

1.2.2 金属材料的工艺性能

金属的工艺性能直接影响零件加工后的工艺质量,它是选材和制订零件加工工艺路线时必须考虑的因素之一。

1. 铸造性能

金属材料利用铸造的方法获得完好铸件的能力称为铸造性能。其优劣表现在以下三个方面。

(1) 流动性

流动性是铸造金属在浇注时本身的流动能力或充填铸型的能力。它主要受金属化学成分和浇注温度等的影响。流动性好的金属液体能浇铸出外形完整、尺寸精确、轮廓清晰的铸件。

(2) 收缩性

金属液在铸型内的全部冷却过程中,其体积和尺寸减小的现象称为收缩性。铸件收缩不仅影响尺寸,还会使铸件产生缩孔、疏松、内应力、变形和开裂等缺陷。故用于铸造的金属,其收缩率越小越好。



(3) 偏析

偏析是液态金属凝固后化学成分不均匀的现象。偏析严重时可使铸件各部分的力学性能有很大的差异,降低了铸件的质量。

2. 焊接性能

焊接性能是指被焊接金属在一般的焊接工艺条件下,获得优质焊缝的能力。对碳钢和低合金钢,焊接性能主要与金属材料的化学成分有关。其中碳的影响最大,含碳量越高其焊接性能越差。例如,低碳钢具有良好的焊接性能,高碳钢、铸铁的焊接性能较差。

3. 锻造性能

金属材料利用锻压加工方法成形的难易程度称为锻造性能。其优劣取决于金属材料的塑性和变形抗力。塑性好的金属变形时不易开裂;变形抗力小的金属,锻压时省力,而且工具、模具不易磨损。例如,碳钢在加热状态下锻造性能较好,铸铁则不能锻造。

4. 切削加工性能

切削加工性能是指金属被切削加工时的难易程度。一般认为金属材料具有适当硬度(HBS170~230)和足够的脆性时,较易切削。所以灰铸铁比钢切削加工性能好,一般碳钢比高合金钢切削加工性能好。改变钢的化学成分和进行适当的热处理,是改善钢切削加工性能的重要途径。

5. 冷变形工艺性能

各种钢板和各种管路在施工及安装中,有时需要进行各种冷变形,所以要求这些材料具有良好的冷变形工艺性能。

6. 热处理性能

金属材料热处理性能的好坏,是根据其淬透性、淬硬性、晶粒长大倾向、回火脆性倾向等来评价的。

1.2.3 金属材料的力学性能

金属材料在外力作用下所表现出来的特性称为力学性能或机械性能。力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,可将其分为静载荷、冲击载荷及疲劳载荷三种。

- 静载荷是指大小不变或变动很慢的载荷;
- 冲击载荷是指突然增加的载荷;
- 疲劳载荷是指所经受的周期性或非周期性的载荷(也称循环载荷)。

金属材料受不同载荷作用而发生的几何形状和尺寸的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形。金属材料在外力作用下而发生变形,当外力去除后,能够消失的变形叫弹性变形;不能消失的变形叫塑性变形,也叫残余变形。



金属受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部产生与外力相对抗的力称为内力。单位面积上的内力称为应力。将材料制作成拉伸试样,在专用拉伸试验机进行拉伸试验,可测得金属材料的强度和塑性。

1. 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或断裂的能力,衡量强度的指标主要是屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度(也叫屈服点或屈服极限)

材料开始发生塑性变形时的应力,叫屈服强度,以符号 σ_s 表示。例如,45号钢的 $\sigma_s=360\text{MPa}$ 。当用45号钢制成的零件工作时受的应力低于 360MPa 时,就不会发生塑性变形,应力高于 360MPa 时就会发生塑性变形。

有些材料,如退火状态下的低碳钢,屈服强度的测定是比较容易的,但是工程上使用的多数金属材料,要想测定其屈服强度是很困难的。所以人为地规定:将试样的残余变形量相当于试样原始标距长的0.2%时的应力,称为条件屈服强度,并以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度代表材料抵抗微量塑性变形的能力。它是设计零件时选用材料的重要依据。例如,为了保证汽缸盖和汽缸体之间的密封性,缸盖螺栓是不允许发生塑性变形的,所以设计缸盖螺栓时就以屈服强度作为计算依据。

(2) 抗拉强度

材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度,用符号 σ_b 表示。例如,45号钢的 $\sigma_b=610\text{MPa}$ 。当用45号钢制成的零件工作时受的应力低于 610MPa 时,就不会发生断裂;应力高于 610MPa 时就会发生断裂。抗拉强度是机械零件设计和选材的主要依据之一。

2. 塑性

金属材料在断裂前产生塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标是伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率

材料拉断后,单位长度上产生的塑性变形量称为伸长率,用符号 δ 表示。用长、短试样测得的伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示。习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。

(2) 断面收缩率

材料拉断后,单位横截面积上产生的塑性变形量称为断面收缩率,用符号 ψ 表示。

金属材料的伸长率(δ)和断面收缩率(ψ)数值越大,表示材料的塑性越好。工程上常按伸长率的大小把材料分为两大类: $\delta>5\%$ 的材料称为塑性材料,如钢、铝和铜等; $\delta<5\%$ 的材料称为脆性材料,如铸铁等。具有良好塑性的材料,可使冷加工成形工艺,如冷拉、冷变形等顺利进行。

3. 硬度

硬度是金属表面抵抗局部塑性变形(压陷、划痕、摩擦、切削等)的能力,或者说是衡量金属软硬程度的指标。常用的硬度测定方法是压入硬度测验法。