

汽车维修专业模块化培训教材



汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

广州市凌凯汽车技术开发有限公司 组编
胡勇 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修专业模块化培训教材

汽车机械基础

组 编 广州市凌凯汽车技术开发有限公司
主 编 胡 勇
参 编 胡欢贵 宁海忠 于海东 韦立彪
李 毅 蔡永红 钟利兰 李智强
王永贵 刘青山 谭秋平 张士彬



机械工业出版社

本书以图解的形式系统地介绍了汽车材料、机械制图与识图、轴与轴承、常见机构、机构传动、液压传动以及极限、配合与技术测量等内容，理论适度，讲清概念，突出重点。

本书是汽车维修专业模块化培训教材，内容全面、概念清楚、图文并茂、可操作性强，在编写时注意了全书理论的系统性和各部分相对的独立性。理论阐述由浅入深，适合于大、中专院校汽车修理行业相关专业及培训班的师生使用，也适合于汽车维修技术人员、驾驶员以及汽车爱好者参考阅读。

为方便教学，本套教材专门配备了 PowerPoint(PPT)形式的配套教学课件，可供广大教师选用。在<http://www.cmpbook.com>和<http://www.golden-book.com/download/index.asp>任一网址，直接输入本书书名即可下载；或与机械工业出版社联系，编辑热线：010-88379368、010-88379735。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/胡勇主编. —北京：机械工业出版社，2008.5

汽车维修专业模块化培训教材

ISBN 978-7-111-23899-7

I. 汽… II. 胡… III. 汽车—机械学—技术培训—教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 050441 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：徐 巍 责任编辑：管晓伟 版式设计：霍永明

责任校对：陈延翔 封面设计：王伟光 责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.5 印张·257 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-23899-7

定价：22.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379368

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

当今正值国家大力推广职业教育之际，各地教育机构紧抓机遇，大胆革新，积极推行新的职业教育方法与思路，其中，结合国外实践与我国国情的模块化教学尤为突出。

模块化教学根据职业需求和岗位要求而设置教学项目，同时将知识系统和技能系统化整为零，合而为一，使学员能做到学一样精一样，同时在细化深入的前提下掌握解决问题的途径和思路。

模块化教学是一种简化技术理论，强化职业实践的实用性教学，它对理论教学的要求是将抽象深奥的知识简单化、形象化和感性化，使学员能够感知、认知，并联系实际，融入实践，同时在教学实践中结合理论认识能将实践认知与经验总结为理论。这样，在学中做，在做中学，巩固知识，强化技能。

综合上述特点和要求，用于模块化教学的专业教材，应该具有系统分块，知识点与技能点结合，理论描述简明，实践叙述符合职业规范，能直接感知并参照操作的特点。

很多汽车相关职业院校与职训中心在试点模块化教学的同时也在进行教材更新，因大多数是在传统教学教材的基础上改编而来的，无法摆脱原有的形式和限制，编写出来的教材往往难以普及并发挥其实效。

我们综合汽车运用与维修、汽车检测与维护技术等专业课程设置的要求，同时考虑到职业需求和岗位的设置，将汽车模块化专业教材分为汽车机修技术，汽车电子技术，汽车故障诊断技术，汽车车身修复技术，汽车美容与装饰技术，汽车保养与维护技术六大块，为保证专业课程有理论和技术基础，同时设置了汽车机械基础、汽车电学基础、汽车维修专业英语以及汽车文化与概论等四门基础课。各个专业分类下是核心与主干课程，如机修之下的汽车发动机与汽车底盘，电子之下的汽车电器、汽车空调、汽车发动机电控系统、汽车自动变速器、汽车安全舒适系统等。

这套教材作为学生课本，主要突出实图实例及原理、检测、维修与案例四结合。配套开发的还有教学讲义、教学参考书和教学课件，我们力图通过这种四件套的方式将职业化模块教材形成一种立体化的，学员易学、教师易教、效果独到的专门化教材。

汽车专业模块化教学不是搞零敲碎打，而是一门将系统解构再结构的行为艺术。这套汽车专业模块化教材一定可以为您搞好这门艺术表现出惊人的作用。

编 者

目 录 Contents

丛书序

第一章 汽车材料	1
第一节 金属材料	1
第二节 钢的热处理	14
第三节 其他常见的汽车材料	18
第二章 机械制图	27
第一节 视图的基本原理	27
第二节 机件的表达方法	37
第三节 常用件的表达方法	49
第三章 机械识图	55
第一节 零件图的识读	55
第二节 装配图的识读	60
第四章 极限、配合与技术测量	68
第一节 互换性与标准化概念	68
第二节 公差	69
第三节 测量技术基础	77
第四节 公差与测量	81
第五章 轴与轴承	85
第一节 轴	85
第二节 轴承	93
第六章 常见机构	104
第一节 平面连杆机构	104
第二节 凸轮机构	111
第三节 间歇运动机构	114
第四节 螺旋机构	116
第七章 机构传动	120
第一节 带传动和链传动	120



第二节 齿轮传动·····	128
第八章 液压传动·····	140
第一节 液压传动概述·····	140
第二节 液压元件·····	145
参考文献·····	158

第一章

汽车材料

本章导向:

生产中用来制作汽车工程结构、零件和工具的固体材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。其中金属材料是最重要的工程材料,应用最广,最多,占整个用材的80%左右,本章着重讲述了汽车金属材料的性能、钢的热处理和其它最常见的汽车材料。

第一节 金属材料

本节导向:

- ① 了解金属力学性能、建立强度、硬度和韧性及疲劳度的概念。
- ② 了解金属材料的分类。
- ③ 掌握金属材料的牌号及用途。
- ④ 掌握各种牌号的金属材料在汽车上的应用。

一、金属力学性能

汽车是用不同的材料制成各种零部件后组装而成的。这些零部件在使用过程中,往往不可避免地受到各种外力的作用,这些外力的作用对金属有一定的破坏性,这就要求材料具有既能抵抗外力作用又不被破坏的能力,这就是材料的力学性能。金属的力学性能主要有强度、塑性、硬度和韧度。

1. 强度与塑性

强度是抵抗永久变形和断裂的能力。按载荷的作用形式分为抗拉、抗压、抗弯、抗剪及抗扭等几种。载荷的作用形式不同,金属的强度判据也不同。抗拉强度的判据应用最普遍,测试方法最简单,通常采用拉伸试验法,在拉伸试验机上进行。

(1) 常用强度判据 主要有屈服点和抗拉强度。

1) 屈服点和规定残余伸长应力。在拉伸过程中力不增加(保持恒定),试样仍能继续伸长时的应力称为屈服点,以 σ_s 表示,单位为MPa。

$$\sigma_s = F_s/A_0$$

式中 F_s ——材料屈服时的拉伸力(N);

A_0 ——试样拉伸前 d_0 处横截面积(mm^2)。

屈服点是具有屈服现象的材料特有的强度指标。除退火或热轧的低碳钢和中碳钢等少数合金有屈服点外,大多数合金都没有屈服现象,因此提出“规定残余伸长应力”作为相应



的强度指标。国家标准规定：当试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长达达到规定的原始标距百分比时的应力，作为规定残余伸长应力 σ_r 。表示此应力的符号应附以角标说明，例如 $\sigma_{0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

$$\sigma_r = F_r / A_0$$

式中 F_r ——产生规定伸长时的拉力。

2) 抗拉强度。拉伸过程中最大力 F_b 所对应的应力称为抗拉强度，以 σ_b 表示。

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

抗拉强度的物理意义是表征材料对最大均匀变形的抗力，表征材料在拉伸条件下所能承受的最大力的应力值。它是设计和选材的主要依据之一，是工程技术上的主要强度指标。

(2) 塑性判据 断裂前材料发生不可逆永久变形的能力叫塑性。常用的塑性判据是材料断裂时最大相对塑性变形，如拉伸时的断后伸长率和断后收缩率。

1) 断后伸长率。试样拉断后，标距的伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率，以 δ 表示。

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

式中 L_1 ——试样拉断后的标距(mm)；

L_0 ——试样原始标距(mm)。

2) 断面收缩率。试样拉断后，缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率，以 ψ 表示。

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\%$$

式中 A_0 ——试样原始截面积(mm^2)；

A_1 ——试样断裂后缩颈处的最小横截面积(mm^2)。

δ 和 ψ 越大，表示材料的塑性越好；反之，表示材料的塑性越差，脆性越大。

小提示：

强度与塑性是矛盾的两个力学指标；一般强度高的材料，塑性较差。

2. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形，尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的判据。

材料的硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验所用设备简单，操作简便、迅速。不仅可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被测件，而且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此，硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能，应用很广。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

硬度试验方法较多，生产中常用的是布氏硬度、洛氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度 布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的，其试验原理如图 1-1 所示。用直径为 D 的硬质合金球做压头，以相应的试验力 F (单位为 N) 将压头压入试件表面。经规定的保持时间后，去除试验力，在试件表面得到一直径为 d 的压痕。用试验力 F 除以压痕表面积

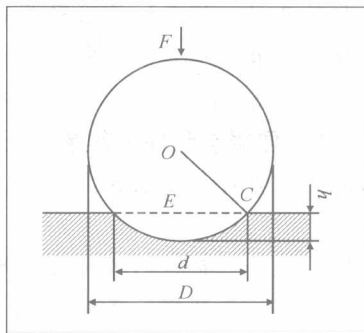


图 1-1 布氏硬度试验原理示意图



$A_{\text{压}}$, 所得值即为布氏硬度值, 用符号 HBW 表示。

$$\text{HBW} = \frac{F}{A_{\text{压}}} = \frac{F}{\pi Dh} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 $A_{\text{压}}$ ——压痕表面积(mm^2);

d 、 D 、 h ——分别为压痕平均直径、压头球直径、压痕深度(mm)。

上式中只有 d 是变量, 只要测出 d 值, 即可通过计算或查表得到相应的硬度值。 d 值越大, 硬度值越小; d 值越小, 硬度值越大。

布氏硬度试验法压痕面积较大, 能反映出较大范围内材料的平均硬度, 测得结果较准确, 但操作不够简便。又因压痕大, 故不宜测试薄件或成品件。布氏硬度上限为 650HBW。

目前, 大多用淬火钢球做压头, 测量材料硬度, 主要用来测定灰铸铁、有色金属及退火、正火和调质的钢材等。

可根据下列布氏硬度与抗拉强度经验公式, 近似计算金属材料的强度。

低碳钢 $\sigma_b \approx 3.35\text{HBW}$

调质合金钢 $\sigma_b \approx 3.19\text{HBW}$

灰铸铁 $\sigma_b \approx 0.98\text{HBW}$

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度的测定是在洛氏硬度试验机上进行的, 试验原理见图 1-2。

它是以前角为 120° 金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 淬火钢球做压头, 在初试验力和总试验力(初试验力 + 主试验力)先后作用下, 压入试件表面, 经规定保持时间后, 去除主试验力, 用测量的残余压痕深度增量(增量是指去除主试验力并保持初试验力的条件下, 在测量的深度方向上产生的塑性变形量)来计算硬度的一种压痕硬度试验法。

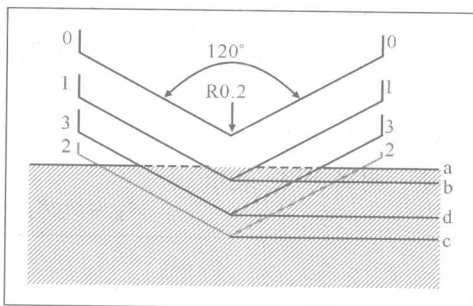


图 1-2 洛氏硬度试验原理示意图

图中 00 为压头与试件表面未接触的位置; 11 为加初试验力 98.07N 后, 压头经试件表面 a 压入到 b 处的位置, b 处是测量压入深度的起点(可防止因试件表面不平引起的误差); 22 为初试验力和主试验力共同作用下, 压头压入到 c 处的位置; 33 为卸除主试验力, 但保持初试验力的条件下, 因试件弹性变形的恢复使压头回升到 d 处的位置。因此, 压头在主试验力作用下, 实际压入试件产生塑性变形的压痕深度为 bd(bd 为残余压痕深度增量)。用 bd 大小来判断材料的硬度, bd 越大硬度越低; 反之, 硬度越高。为适应习惯上数值越大, 硬度越高的概念, 故用常数 K 减 bd(h) 作为硬度值(每 0.002mm 的压痕深度为一个硬度单位), 直接由硬度计表盘上读出。洛氏硬度用符号 HR 表示。

$$\text{HR} = K - \frac{bd}{0.002}$$

式中, 金刚石做压头, $k=100$; 淬火钢球做压头, $k=130$ 。

为使同一硬度计能测试不同硬度范围的材料, 可采用不同的压头和试验力。按压头和试验力不同, GB/T 230.1—2004 规定洛氏硬度的标尺有九种, 但常用的是 HRA、HRB 及 HRC 三种, 其中 HRC 应用最广。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-1。

洛氏硬度试验操作简便、迅速, 测量硬度范围大, 压痕小, 无损于试件表面, 可直接测



量成品或较薄工件。但因压痕小，对内部组织和硬度不均匀的材料，所测结果不够准确。因此，需在试件不同部位测定三点取其平均值。

表 1-1 常用洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 $F_{总}/N$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4	70 ~ 88	硬质合金，表面淬火、渗碳钢等
HRB	φ1.588mm 钢球	980.7	20 ~ 100	有色金属，退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥	1471.1	20 ~ 70	淬火钢，调质钢等

注：总试验力 = 初试验力 + 主试验力。

小提示：

洛氏硬度与布氏硬度试验原理不同，两者不能相互比较。

3. 韧性及疲劳

(1) 韧性 以上讨论的是静载荷下的力学性能指标，但生产中许多零件是在冲击力作用下工作的，如汽车变速器的齿轮、轴及传动轴等。这类零件，不仅要满足在静力作用下的力学性能指标，还应有足够的韧性。韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力，它表示了金属材料抗冲击的能力。韧性的判据是通过冲击试验确定的。

常用的方法是摆锤式一次冲击试验法，它是在专门的摆锤试验机上进行的。试验时首先将材料按规定将被测材料制作成标准冲击试样，后将试样缺口背向摆锤冲击方向放在试验机支座上(图 1-3a)，摆锤举至 h_1 高度，然后使摆锤自由落下；摆锤冲断试样后，摆锤升至 h_2 。摆锤冲断试样所消耗的能量，即试样在冲击力一次作用下折断时所吸收的功，称为冲击吸收功，用符号 A_K 表示。

$$A_K = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

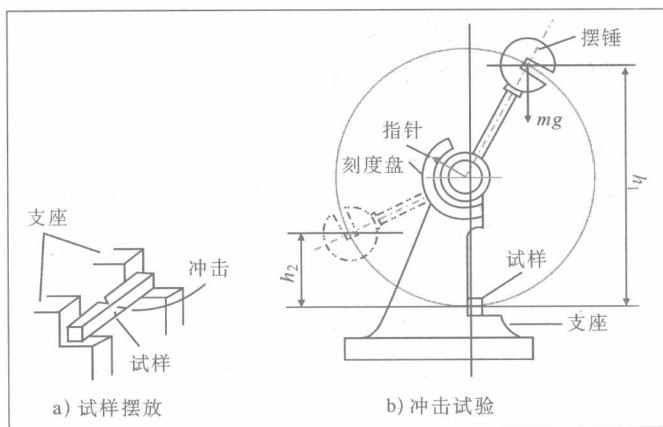


图 1-3 摆锤式冲击试验原理示意图

A_K 值不需计算，可由试验机刻度盘上直接读出。冲击试样缺口底部单位横截面积上的冲击吸收功，称为冲击韧度，用符号 a_K 表示，单位为 J/cm^2 ，即

$$a_K = \frac{A_K}{A}$$

式中 A ——试样缺口底部横截面积(cm^2)。



冲击吸收功越大,材料韧性越好,在受到冲击时越不容易断裂。但应当指出,冲击试验时,冲击吸收功中只有一部分消耗在断开试样缺口上,冲击吸收功的其余部分则消耗在冲断试样前,缺口附近体积内的塑性变形上。因此,冲击韧度不能真正代表材料的韧性,而用冲击吸收功 A_K 作为材料韧性的判据更为适宜。

小提示:

冲击韧度的大小受试样形状、表面粗糙度、内部组织等影响,因此只作为选材的参考。

(2) 疲劳强度 许多零件如轴、齿轮及弹簧等是在交变应力作用下工作的。在循环应力作用下,零件在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程,称为疲劳或疲劳断裂。零件疲劳断裂前无明显塑性变形,危险性大,常造成严重事故。

试验证明,金属材料能承受的交变应力,与断裂前应力循环基数 N 有关,见图 1-4。由图可知,当 σ 低于某一值时,曲线与横坐标平行,表示材料可经无数次循环应力作用而不断裂,这一应力称为疲劳强度,并用 σ_{-1} 表示光滑试样对称弯曲疲劳强度。

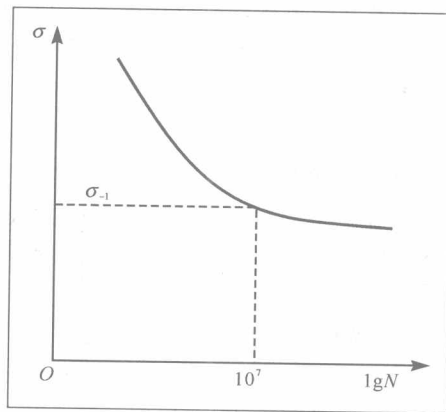


图 1-4 疲劳曲线示意图

一般,交变应力越小,断裂前所能承受的循环次数越多;交变应力越大,可循环次数越少。工程上用的疲劳强度,是指在一定的循环基数下不发生断裂的最大应力。通常规定钢铁材料的循环基数取 10^7 ,有色金属取 10^8 。

小提示:

疲劳强度与抗拉强度有一定联系,抗拉强度高,疲劳强度也高。

二、常见的金属材料

工业上常用的金属材料分为铁基(黑色金属)和非铁基(有色金属)金属材料两大类。铁基金属指钢和铸铁,非铁基金属则包括钢铁以外的金属及其合金。在汽车行业中应用最广的是铁基金属材料,即钢和铸铁。

1. 铁基金属材料

铁基金属材料有钢和铸铁。钢是指以铁为主要元素,碳的质量分数在 2.11% 以下,并含有其他元素的材料。其品种多、规格全、性能好且价格低,并且可用热处理的方法改善性能,所以是工业中应用最广的材料。根据国家标准 GB/T 13304—1991 规定,钢按化学成分可分为非合金钢(碳钢)、低合金钢和合金钢三类;按用途又可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢;按用途也可分为建筑及工程结构用钢、机械结构用钢、工具钢及专业用钢(如桥梁用钢、锅炉用钢)等。

(1) 非合金钢 又称碳钢,是指碳的质量分数小于 2.11%,并含有少量硅、锰、磷及硫等杂质元素的铁碳合金。碳钢具有一定的力学性能和良好的工艺性能,且价格低廉,在工业中广泛应用。它按用途分结构钢和工具钢;按质量分为普通质量、优质和特殊质量(主要按钢中磷、硫的质量分数划分)。



1) **普通碳素结构钢**。对生产过程中控制质量无特殊规定的一般用途的(非合金钢)碳钢。该类钢通常不进行处理而直接使用,因此只考虑其力学性能和有害杂质的质量分数,不考虑碳的质量分数。

GB 700—1988 规定,碳素结构钢牌号由 Q(屈服点的“屈”字汉语拼音字首)、屈服点数值、质量等级和脱氧方法四部分按顺序组成。质量等级有 A($w_s \leq 0.050\%$ 、 $w_p \leq 0.045\%$)、B($w_s \leq 0.045\%$ 、 $w_p \leq 0.045\%$)、C($w_s \leq 0.040\%$ 、 $w_p \leq 0.040\%$)及 D($w_s \leq 0.035\%$ 、 $w_p \leq 0.035\%$)四种。

脱氧方法用汉语拼音字首表示;“F”——沸腾钢、“B”——半镇静钢、“Z”——镇静钢、“TZ”——特殊镇静钢,通常“Z”和“TZ”可省略。例如 Q235—A 表示 $\sigma_s \geq 235\text{MPa}$,质量等级为 A 级的碳素结构钢。

Q195、Q215 钢有一定强度、塑性好。主要用于制作薄板(镀锌薄钢板)、钢筋、冲压件、地脚螺栓和烟筒等。Q235 强度较高,用于制作钢筋、钢板、农业机械用型钢和重要的机械零件,如拉杆、连杆及转轴等。Q235—C、Q235—D 钢质量较好,可制作重要的焊接结构件。Q255 钢、Q275 钢强度高、质量好,用于制作建筑、桥梁等工程质量要求较高的焊接结构件,以及摩擦离合器、主轴、制动钢带及吊钩等。

2) **优质碳素结构钢**。这类钢的有害元素磷、硫受到严格限制,非金属夹杂物含量较少,塑性和韧性较好,主要用于制作较重要的机械零件,一般均需进行热处理,既要保证力学性能,又要保证化学成分。该类钢按冶金质量分为优质钢、高级优质钢(A)及特级优质钢(E)。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,这两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万分数。如 40 钢表示平均碳的质量分数为 0.40% 的优质碳素结构钢。钢中锰的质量分数较高($w_{Mn} = 0.7\% \sim 1.2\%$)时,在数字后面附以符号“Mn”,如 65Mn 钢,表示平均碳的质量分数为 0.65%,并含有较多锰(w_{Mn} 为 0.9%~1.2%)的优质碳素结构钢。高级优质钢在数字后面加“A”;特级优质钢在数字后面加“E”。

优质碳素结构钢按碳的质量分数又可分为低碳钢(碳的质量分数在 0.25% 以下)、中碳钢(碳的质量分数为 0.25%~0.60%)和高碳钢(碳的质量分数为 0.60%~0.85%)。

低碳钢——强度低,塑性、韧性好,易于冲压加工。主要用于制造受力不大、韧性要求高的汽车车身、驾驶室、车门、散热器罩、柴油机活塞销、凸轮轴及凸轮等。

中碳钢——强度较高,塑性和韧性也较好,一般需经正火或调质处理后使用,应用广泛。主要用于制作齿轮、轴类、套筒、丝杠及柴油机曲轴连杆等零件。

高碳钢——经热处理后,可获得较高的弹性极限、足够的韧性和一定的强度。常用来制作弹性零件和易磨损的零件,如转向系接头弹簧、弹簧垫圈和各种卡环、锁片等。

3) **铸钢**。铸钢碳的质量分数为 0.15%~0.60%,碳的质量分数过高则塑性差,易产生裂纹等缺陷。主要用来制作形状复杂、难以进行锻造或切削加工成形,且要求较高强度和韧性的零件,如机油管法兰、化油器操纵杆接头等。

牌号首位冠以“ZG”(“铸钢”二字汉语拼音字首)。GB/T 5613—1995 规定,铸钢牌号有两种表示方法:用力学性能表示时(按 GB/T 11352—1989 规定),在“ZG”后面有两组数字,第一组数字表示该牌号钢屈服点的最低值,第二组数字表示其抗拉强度的最低值。如 ZG340—640 钢。表示, $\sigma_s \geq 340\text{MPa}$, $\sigma_b \geq 640\text{MPa}$ 的工程用铸钢;用化学成分表示时,在



“ZG”后面的一组数字表示铸钢平均碳的质量分数的万分数(平均碳的质量分数大于1%时不标出,平均碳的质量分数小于0.1%时第一位数字为“0”。在碳的质量分数后面排列各主要合金元素符号,每个元素符号后面用整数标出其质量分数的万分数。如ZG15Cr1Mo1V钢,表示平均 $w_C=0.15\%$ 、 $w_{Cr}=1\%$ 、 $w_{Mo}=1\%$ 、 $0.2\% < w_V < 0.3\%$ 的铸钢。

4) 易切削结构钢。在碳钢的基础上,加入一种或几种合金元素,使其具有易切削性能,以适应切削加工自动化、高速化和精密化的需要。目前常加入的合金元素是S、P、Pb、Ca、Se、Te等。易切削结构钢的牌号是在同类结构钢牌号前冠以“Y”以区别其他结构钢。例如Y20表示平均 $w_C=0.20\%$ 的易切削钢,如表1-2所示。

表1-2 铸钢的牌号、化学成分、力学性能及用途

牌 号	主要化学成分				室温力学性能					用 途 举 例
	C	Si	Mn	P, S	σ_s / MPa	σ_b / MPa	δ / (%)	ψ / (%)	a_K / (J/cm ²)	
ZG200—400	0.20	0.50	0.80	0.04	200	400	25	40	60	机座、变速器壳
ZG230—450	0.30	0.50	0.90	0.04	230	450	22	32	45	外壳、轴承盖及阀体等
ZG270—500	0.40	0.50	0.90	0.04	270	500	18	25	35	机架、轴承座、曲柄及气缸体
ZG310—570	0.50	0.60	0.80	0.04	310	570	15	21	30	气缸、万向节及齿轮
ZG340—640	0.60	0.60	0.90	0.04	340	640	12	18	20	起重运输机中齿轮、万向节及重要机件

易切削结构钢主要用于采用高效专用自动机床加工的零件,如汽车中大量应用的螺栓、螺母及小型销轴等标准件,也可用于轻型汽车的轴、齿轮及曲轴等。

(2) 合金钢 前面所讲的碳钢,虽然得到广泛应用。但随着生产的发展,越来越满足不了要求。原因是碳钢的淬透性低、绝对强度低及回火抗力差,不能用于大尺寸、重载荷的零件,也不能用于耐腐蚀、耐高温的零件,而且热处理工艺性能不佳。

为改善碳钢的组织 and 性能,在碳钢基础上有目的地加入一种或几种合金元素所形成的铁基合金,称为低合金钢或合金钢。

由于合金元素的加入,合金钢的性能较碳钢好,提高了淬透性和综合力学性能。

合金钢按合金元素的质量分数分低合金钢、合金钢;按用途又分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

1) 低合金结构钢。低合金结构钢是在低碳钢的基础上加入少量合金元素(合金元素总量小于3%)而得到的钢。广泛用于建筑、石油、化工、桥梁及造船等行业,一般不再进行热处理。

牌号表示方法与普通碳素结构钢相同。例如Q235表示 $\sigma_s \geq 235$ MPa的低合金结构钢。

此类钢可取代普通碳素结构钢。在汽车中主要用于制作车身,还可用于制造高强度连接件,如螺栓、弹簧钢板吊环等。

2) 合金结构钢。在碳素结构钢的基础上加入合金元素而得到的钢为合金结构钢。牌号表示依次为两位数字、元素符号和数字。前两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万分数,



元素符号表示钢中所含的合金元素，元素符号后的数字表示该合金元素平均质量分数的万分数。如 20CrMnTi 钢，表示钢中平均 $w_C=0.2\%$ ， w_{Cr} 、 w_{Mn} 、 w_{Ti} 均 $<1.5\%$ 。

① **合金渗碳钢**。适用于渗碳、淬火和低温回火的热处理方式的合金结构钢为合金渗碳钢。主要用于要求表面耐磨，心部需要韧性好的零件，如表 1-3 所示。

表 1-3 常用合金渗碳钢的牌号、力学性能和用途

牌 号	试样毛坯尺寸/ mm	力 学 性 能					用 途
		σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /(%)	ψ /(%)	a_K /(J/cm ²)	
		≥					
20Cr	φ15	835	540	10	40	60	齿轮、齿轮轴、凸轮和活塞销
20Mn2B	φ15	980	785	10	45	70	齿轮、轴套、气阀挺杆和离合器
20MnVB	φ15	1080	885	10	45	70	重型机床的齿轮和轴、汽车后桥齿轮
20CrMnTi	φ15	1080	835	10	45	70	汽车、拖拉机上变速齿轮和传动轴
12CrNi3	φ15	930	685	11	50	90	重载荷下工作的齿轮、轴及凸轮轴
20Cr2Ni4	φ15	1175	1080	10	45	80	大型齿轮和轴，也可用作调质件

20CrMnTi 是应用最广泛的合金渗碳钢，用于制造汽车的变速齿轮、轴及活塞销等零件。

② **合金调质钢**。合金调质钢是在中碳钢的基础上加入一些合金元素，经调质处理后使用的钢。用于制造在重载荷下、受力复杂及要求综合力学性能高的重要零件。

此类钢中 40Cr、40MnB 适用于中等截面的结构件，如汽车连杆螺栓、后桥半轴等；40CrNiTi、37CrNi3 适用于大截面的、承受大载荷的重要结构件，如中间轴、曲轴等，如表 1-4 所示。

表 1-4 常用合金调质钢的牌号、力学性能、热处理和用途

牌 号	热 处 理				力 学 性 能					用 途
	淬 火		回 火		σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ /(%)	ψ /(%)	a_K /(J/cm ²)	
	温度/℃	介质	温度/℃	介质						
	≥									
40Cr	850	油	520	水、油	980	785	9	45	60	齿轮、花键轴、后半轴、连杆和主轴
45Mn2	840	油	550	水、油	885	735	10	45	60	齿轮、齿轮轴、连杆盖和螺栓
35CrMo	850	油	550	水、油	980	835	12	45	80	大电机轴、锤杆、连杆和轧钢机曲轴



(续)

牌 号	热 处 理				力 学 性 能					用 途
	淬 火		回 火		σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ / (%)	ψ / (%)	a_K / (J/cm ²)	
	温度/ ℃	介质	温度/ ℃	介质						
35CrMnSi	880	油	520	水、油	1080	835	10	45	50	飞机起落架、螺栓
40MnVB	850	油	520	水、油	980	785	10	45	60	代替 40Cr 用于制作汽车、机床上轴和齿轮
30CrMnTi	850	油	200	水、油	1470	—	9	40	60	汽车主动锥齿轮、后主齿轮和齿轮轴
38CrMoAlA	940	水、油	640	水、油	980	835	14	50	90	磨床主轴、精密丝杠、量规和样板

③ **合金弹簧钢**。适合于做弹簧的合金结构钢称为合金弹簧钢。弹簧是汽车中应用比较多的零件，在受振动、受冲击载荷及交变载荷状态下工作，因此，要求弹簧钢应具有高弹性极限和疲劳强度，以及足够的韧性。为了获得所需要的性能，弹簧钢碳的质量分数在 0.45%~0.75% 之间，主要元素为 Si、Mn、W、V、Cr 等。此类钢的热处理一般为淬火加中温回火。

65Mn、55Si2Mn、60Si2Mn 用于制造截面不大于 25mm 的各种螺旋弹簧和钢板弹簧；55CrMnA、60CrMnA 用于制造截面小于 50mm 的各种螺旋弹簧和钢板弹簧。

④ **滚动轴承钢**。轴承钢碳的质量分数为 0.95%~1.15%，加入 0.4%~1.65% 的 Cr。此类钢的预备热处理为球化退火。最终热处理为淬火加低温回火。GCr15 是轴承钢中应用最多的钢，主要用于制造壁厚小于 12mm、外径小于 50mm 的套圈，直径为 25~50mm 的钢球。

3) **合金工具钢**。合金工具钢是在碳素工具钢的基础上加入合金元素 (Si、Mn、Cr、V 及 Mo 等) 制成的。合金工具钢常用来制造各种量具、模具和切削刀具，也可对应地分为量具钢、模具钢和刀具钢，其化学成分、性能和组织结构也不同。

合金工具钢的牌号表示方法与合金结构钢基本相似，不同的是：平均碳的质量分数 $\geq 1\%$ 时，牌号中不标出碳的质量分数；平均碳的质量分数 $< 1\%$ 时，则以一位数字表示，表示平均碳的质量分数的千分数。

刀具钢又分低合金刀具钢和高速钢。低合金刀具钢主要是含铬的钢，而高速钢是一种含钨、铬及钒等合金元素较多的钢。

4) **特殊性能钢**。特殊性能钢是指具有某些特殊的物理、化学及力学性能，因而能在特殊的环境、工作条件下使用的钢。其牌号表示方法与合金工具钢基本相同，但若钢中碳的质量分数小于 0.03% 或小于 0.08% 时，牌号分别以“00”或“0”为首。例如 00Cr1TiNi14Mo2、0Cr18Ni11Ti 钢等。常用的特殊性能钢有不锈钢、耐热钢及耐磨钢。

在腐蚀介质中具有耐腐蚀性能的钢称为不锈钢。

不锈钢的主要合金元素是铬和镍。

常用的不锈钢有 1Cr13、2Cr13、3Cr13、1Cr17、1Cr18Ni9Ti 和 0Cr19Ni9Ti 等，适用于制造化工设备、医疗和食品器械等。



耐热钢是指在高温下不发生氧化并具有较高强度的钢。为提高耐蚀性和高温强度，常加入较多的Cr、Si、Al及Ni等合金元素。在汽车上常用的耐热钢是4Cr9Si2、4Cr10Si2Mo等，用于制造发动机排气门等。

耐磨钢常用的一种是高锰钢，适用于制造在强烈冲击下工作，要求耐磨的零件，必须具有表面硬度高、耐磨，心部韧性好、强度高的特点，适合于制造铁路道岔、挖掘机铲齿等构件。

(3) 铸铁 碳的质量分数高于2.11%的铁碳合金称为铸铁。工业上常用的铸铁是碳的质量分数为2%~4%，且比碳钢具有较多的锰、硫、磷等杂质的铁、碳、硅多元合金。

由于铸铁具有良好的铸造性能、切削性能及一定的力学性能，所以在机械制造中应用很广。按质量计算，汽车、拖拉机中铸铁零件约占50%~70%。根据碳在铸铁中存在形态的不同，铸铁可分为以下几种。

1) 白口铸铁。碳在铁中以渗碳体形式存在，断口呈亮白色，称白口铸铁。由于有大量的硬而脆的渗碳体，故其硬度高、脆性大，极难切削加工。除要求表面有高硬度、耐磨并受冲击不大的铸件。如轧辊、犁等铸件外，一般不用来制造机械零件，而主要用作炼钢原料。

2) 灰铸铁。碳在铸铁组织中以片状石墨形式存在，断口呈灰色。它的性能是软而脆，但具有良好的铸造性、耐磨性、减振性和切削加工性。

灰铸铁常用于受力不大、冲击载荷小、需要减振或耐磨的各种零件，如机床床身、机座、箱体及阀体等。灰铸铁是生产中使用最多的铸铁。

灰铸铁的牌号是以“HT”和其后的—组数字表示，其中“HT”表示灰铁二字的汉语拼音字首，其后—组数字表示其最小抗拉强度。

HT200适用于承受大载荷的重要零件，如汽车的气缸体、气缸盖及制动轮等，HT300、HT350适用于承受高载荷、要求耐磨和高气密性的重要零件，如大型发动机的气缸体、气缸盖、气缸套、油缸、泵体及阀体等，如表1-5所示。

表1-5 灰铸铁的牌号及应用

牌 号	抗拉强度/MPa	应用举例
HT100	100	适用于负荷小，对摩擦、磨损无特殊要求的部件，如盖、油盘、支架和手轮
HT150	150	适用于承受中等负荷的零件，如机床支柱、底座、刀架、齿轮箱和轴衬座
HT200	200	适用于承受较大负荷的零件，如机床床身、立柱、汽车缸体、缸盖、制动轮、万向节、油缸、齿轮和飞轮
HT250	250	
HT300	300	适用于承受较高负荷的重要零件，如齿轮、凸轮、大型发动机曲轴、缸体、缸套、缸盖、高压油缸、阀体和泵体
HT350	350	

3) 可锻铸铁。碳在铸铁组织中以团絮状石墨形式存在，它是由一定成分的白口铸铁经过较长的高温退火而得的铸铁。

团絮状石墨对金属基体的割裂作用较片状石墨小得多，所以可锻铸铁有较高的力学性能，强度、塑性和韧性比灰铸铁好，尤其是塑性和韧性有明显提高，但可锻铸铁并不可锻



造。常用于制造汽车、拖拉机的薄壳零件、低压阀门和各种管接头等。

可锻铸铁的牌号为“KT”加两组数字组成，第一组数字表示抗拉强度，第二组数字表示锻后伸长率。如KT300—06，表示抗拉强度为300MPa，伸长率为6%的可锻铸铁。

4) 球墨铸铁。碳在铸铁组织中以球状石墨形式存在。

球墨铸铁是将铁液经过球化处理和孕育处理而得到的，球化处理是在浇注前向一定成分的铁水中，加一定数量的球化剂(镁或稀土镁合金)和孕育剂(硅铁或硅钙合金)，使石墨呈球状，减少其对基体的割裂作用，并减少应力集中，球墨铸铁具有较好的力学性能，抗拉强度甚至优于碳钢，因此广泛应用于机械制造、交通及冶金等行业，如制造气缸套、曲轴和活塞等零件。

球墨铸铁牌号用“QT”加两组数字表示，“QT”为“球铁”汉语拼音字首，后两组数字表示与可锻铸铁相同，如QT400—18。

QT400—18适用做汽车、拖拉机的牵引框、轮毂、离合器及减速器的壳体；QT700—2适用于做柴油机和汽油机的曲轴、连杆及凸轮轴等零件。

5) 合金铸铁。在灰铸铁或球墨铸铁中加入一定量的合金元素，可使铸铁具有某些特殊性能，如耐热、耐蚀、耐磨及高强度等，这种铸铁称为合金铸铁。汽车中常用的合金铸铁有以下几种。

① 耐热铸铁。在铸铁中加入硅、铝及铬等合金元素，可在铸件表面形成一层致密的、牢固的、均匀的保护膜，如 Al_2O_3 、 SiO_2 及 Cr_2O_3 ，使铸件在 $700^{\circ}C \sim 1000^{\circ}C$ 高温下具有抗氧化性，称为耐热铸铁。汽车的发动机排气门座即可以采用耐热合金铸铁制作。

② 耐磨铸铁。在铸铁中加入少量的P、Cu、Ti、Mn及Mo等合金元素，可大大提高铸铁的耐磨性，获得耐磨铸铁。目前在汽车、拖拉机行业中气缸套筒、排气门座圈及活塞环等件常使用耐磨铸铁。

2. 非铁基金属材料

工业生产中把钢铁材料以外的所有金属材料，统称为非铁金属材料，也叫有色金属材料。

与钢铁材料相比，非铁金属价格高、产量低，但由于其具有许多优良特性，容易满足汽车上某些零件的特殊要求，成为不可缺少的工程材料。如铝、钛及其合金密度小；铜、铝及其合金导电性及耐蚀性好。

(1) 铝及其合金 纯铝显著的特点是密度小(约 $2.7g/cm^3$)，导电导热性优良，强度($\sigma_b=80MPa$ 左右)、硬度低，塑性好，有良好的耐蚀性。故纯铝主要用于做导电、导热材料或耐蚀零件。现在汽车加热器、散热器、蒸发器及油冷却器等，多用铝制作；另外纯铝还可做装饰件、铭牌等。

铝中加入硅、铜、镁、锌及锰等制成铝合金，不仅强度提高，还可通过变形、热处理等方法进一步强化，以至有些铝合金可超过 $\sigma_b=600MPa$ ，与低碳钢相当，比强度(强度与密度之比)则胜过某些合金钢。同时还保持铝耐蚀性好，质量轻的优点。所以，铝合金常用来制造要求质量轻强度高的零件，如飞机上的零件。

铝合金依其成分和工艺性能，可分为变形铝合金和铸造铝合金。

变形铝合金具有较高的强度和良好的塑性，可通过压力加工制成各种半成品，也可以焊接。