

第一章 汽车材料基础知识

第一节 汽车材料概述

汽车材料主要是指汽车零部件材料和汽车运行材料。

一辆汽车是由成千上万个零部件组成的，而这些零部件又是由上千种不同品质、规格的材料加工制造出来的。因此在汽车制造中，需要应用大量的机械工程材料作为汽车零部件材料。

汽车作为一种现代化的运输工具，在其运行过程中必然需要使用和消耗燃料、润滑材料和工作液等，通常把这些材料称之为汽车运行材料。

一、汽车零部件材料

汽车零部件材料数量大，品种多，几乎涵盖了所有传统的和新兴的机械工程材料。据统计全世界钢材产量的 $1/4$ ，橡胶产量的 $1/2$ 以上，都用于汽车生产。汽车零部件常用材料的种类如图 1-1 所示。

汽车零部件制造材料以金属材料为主，金属材料中又以钢铁材料的用量为最多。有色金属和非金属材料因具有钢铁材料所没有的特性，所以在汽车制造中也得到广泛应用。近年来，为适应汽车安

全性、舒适性和经济性的要求 以及汽车低能耗、低污染的发展趋势 要求汽车减轻自重以实现轻量化 所以在汽车制造中钢铁的用量有所下降 而有色金属、非金属材料和复合材料等新型材料的用量正在上升。各种性能优越的新材料的应用 促进了汽车性能的提高和汽车工业的发展。

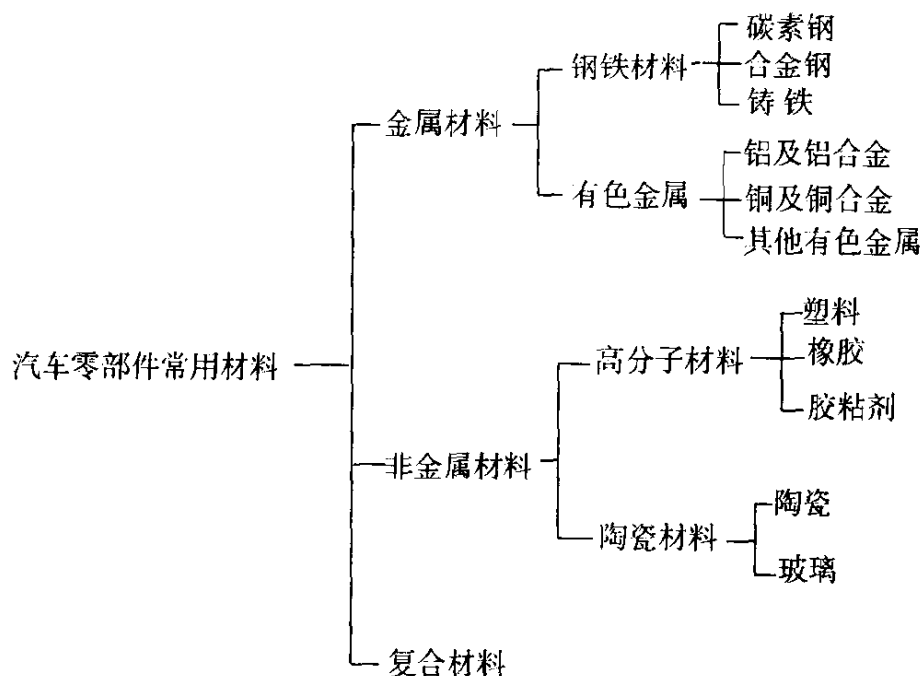


图 1-1 汽车零部件常用材料的种类

据统计，目前我国国产中型载货汽车的材料构成比为：钢材 64%、铸铁 21%、有色金属 1%、非金属材料 14%；一汽奥迪轿车的材料构成比为：钢材 62%、铸铁 9.67%、粉末冶金 1.23%、有色金属 8.5%、非金属材料 18.6%。从中我们不难看出汽车零部件材料的应用情况和发展趋势。

轿车发动机材料的应用实例如图 1-2 所示。

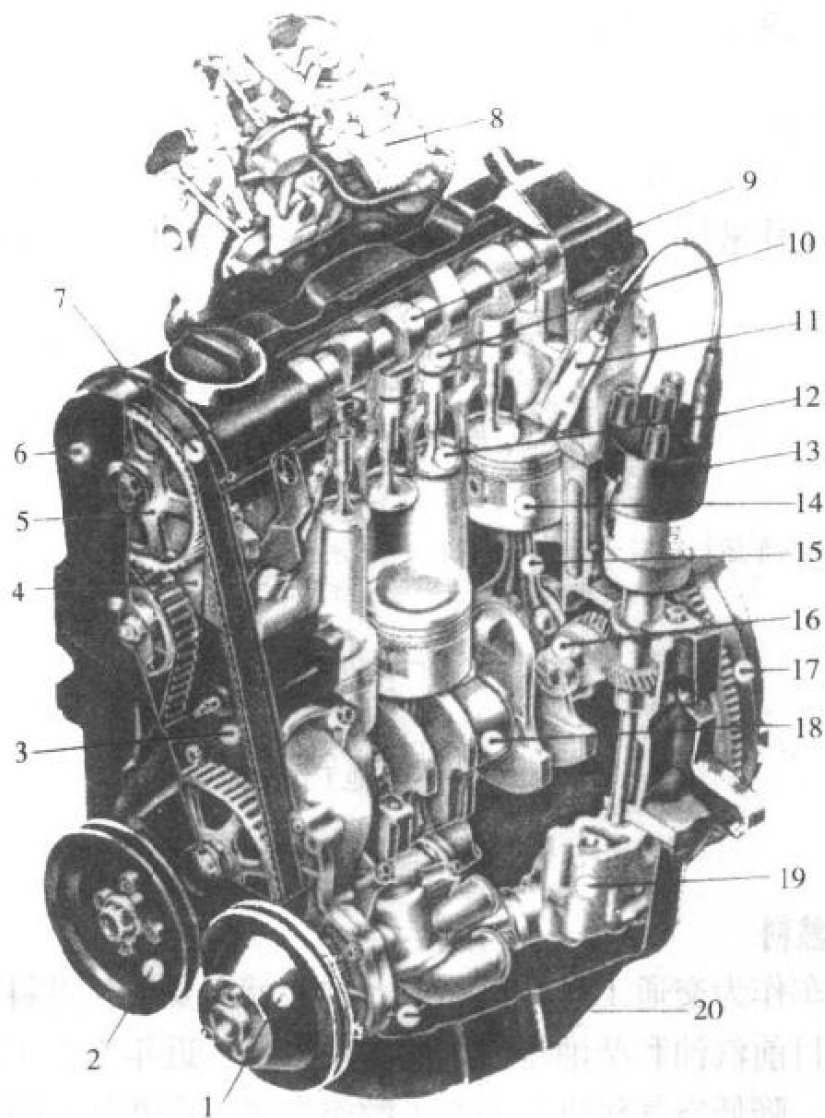


图 1-2 轿车发动机材料应用实例

1-水泵带轮(低碳钢);2-曲轴带轮(低碳钢);3-气缸体(合金铸铁);4-气缸盖(铝合金);5-齿形轮(铁基粉末冶金);6-齿形带护罩(工程塑料);7-正时齿形带(玻璃纤维增强氯丁橡胶);8-化油器壳体(锌合金);9-凸轮轴(合金铸铁);10-挺柱(合金钢);11-火花塞(陶瓷);12-气门(耐热钢);13-分电器盖(酚醛塑料);14-活塞(铝硅合金);15-连杆(中碳钢);16-中间轴(球墨铸铁);17-飞轮(灰口铸铁);18-曲轴(中碳钢或球墨铸铁);19-机油泵泵体(灰口铸铁);20-油底壳(低碳钢)

二、汽车运行材料

汽车运行材料大多是石油产品，据统计，全世界石油产品的 46%左右为汽车所消耗。汽车运行材料主要包括燃料、润滑材料及工作液等，常用汽车运行材料的种类如图 1-3 所示。

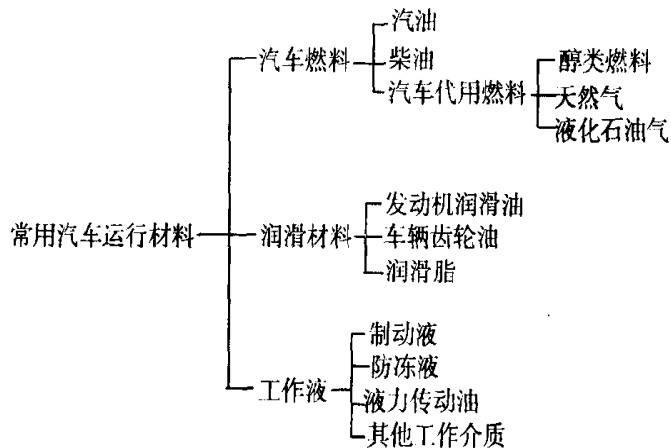


图 1-3 常用汽车运行材料的种类

1. 燃料

汽车作为交通工具在道路上行驶，就需要消耗燃料以提供动力。目前汽油和柴油是汽车的主要燃料。近年来为了减少能源消耗、降低空气污染，开发了醇类燃料、天然气和液化石油气等作为汽车代用燃料。

2. 润滑材料

汽车在运行中，为了减少各运动零部件之间的摩擦及磨损，延长机件的使用寿命，并降低燃料的消耗，就必须使用各种润滑材料。它们主要包括发动机润滑油、车辆齿轮油和润滑脂等。

3.工作液

汽车的各种工作系统需使用各种工作介质，它们包括液压制动系统需使用的制动液；冷却系需使用的防冻液；自动变速器需使用的液力传动油（即自动变速器油）；以及减振器油、液压油和制冷剂等其他工作介质，我们把这些材料统称为汽车工作液。

除了上述材料之外，在汽车维修作业中，还需要用到一些常用的辅助材料，如清洗液、胶粘剂和衬垫材料等。近年来随着人们对汽车审美要求的提高，又出现了许多新型的汽车清洁和装饰材料。

总之，汽车材料的种类繁多，性能各异，它们是汽车制造、运行和维护的基础。汽车的使用性能、安全性、可靠性和寿命等都离不开所用材料的性能。因此，只有了解汽车材料的性能及其应用，才能正确、合理地选用材料，使汽车充分发挥其良好的技术和经济性能。

第二节 金属材料的性能

金属材料是汽车制造工业中使用的基本材料，汽车中约有80%的零件是用金属材料制成的。由于用于汽车零件制造的金属材料种类很多、性能各异，所以只有充分了解金属材料的性能及用途，才能正确、合理地选用材料。金属材料的性能主要包括使用性能和工艺性能两方面，其中使用性能又包括物理性能、化学性能和机械性能等。

一、金属的物理性能

金属的物理性能包括密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性和磁性等

1.密度

密度是指物质单位体积的质量，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。

密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为重金属，如铜、铁等；密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为轻金属，如铝、钛等。在零件选材时，就需要考虑金属的密度。例如汽车发动机的活塞要求质量轻、运动时惯性小，因此常用密度小的铝合金制造。

2.熔点

熔点是指金属从固态转变为液态时的温度。

各种金属都有其固定的熔点，常用金属中钨、铬等的熔点较高，锡、铅等的熔点较低。通常熔点低的金属材料加工时易于进行铸造和焊接。

3.导电性

金属传导电流的性能称为导电性。通常，用电阻率来衡量金属的导电性，电阻率用符号 ρ 表示，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ （即欧姆·米）。电阻率越小，金属的导电性越好。

常用金属中银、铜、铝等的导电性较好，工业上常用铜、铝及其合金作为导电材料。

4.导热性

金属传导热的性能称为导热性通常，用热导率来衡量金属的导热性，热导率用符号 λ 表示其单位为 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ [即瓦特/(米·开尔文)]。热导率越高，金属的导热性越好

导热性好的金属的散热性能好，所以汽车上的散热器常采用导热性好的铝、铜等金属材料制造

5.热膨胀性

金属在受热时膨胀，冷却时缩小的特性称为热膨胀性。通常，用线膨胀系数来衡量金属的热膨胀性，线膨胀系数用符号 α 表示，其单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。线膨胀系数越大，金属的热膨胀性也越大

金属的热膨胀性在实际工作中得到了广泛应用，如在零件测量中必须考虑热膨胀性的因素；轴与轴瓦的装配间隙必须根据材料热膨胀性来确定；在汽车修理中可利用金属的热膨胀性将活塞安装在连杆上，即先将活塞在开水或热油中加热，使活塞孔径产生膨胀，从而使活塞销顺利地将活塞和连杆连接。

6.磁性

金属导磁的性能称为磁性。通常，用磁导率来衡量金属的磁性，磁导率用符号 μ 表示，其单位为 H/m (即亨利/米)。磁导率越高，金属的磁性越好。

具有较高磁性的材料称为磁性材料，如铁、钴、镍等。磁性材料是汽车上的电机、仪表等电气设备不可缺少的材料。

常见金属的物理性能如表 1-1 所示。

表 1-1 常见金属的物理性能

金属名称	符号	密度 ρ (20℃) ($1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$)	熔点 (℃)	热导率 λ W/(m·K)	线膨胀系数 α (0~100℃) ($1 \times 10^{-6}/\text{℃}$)	电阻率 ρ (0℃) ($1 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)
银	Ag	10.49	960.8	418.6	19.7	1.5
铝	Al	2.698	660.1	221.9	23.6	2.665
铜	Cu	8.96	1083	393.5	17.0	1.67~ 1.68 ^D
铬	Cr	7.19	1903	67	6.2	12.9
铁	Fe	7.87	1538	75.4	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	153.7	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1224	4.98 ^②	37	185 ^D
镍	Ni	8.90	1453	92.1	13.4	6.84
钛	Ti	4.508	1677	15.1	8.2	42.1~ 47.8
锡	Sn	7.298	231.9	62.8	2.3	11.5
钨	W	19.3	3380	166.2	4.6 ^D	5.1

注： : 20℃; ②: -192℃.

二、金属的化学性能

1. 耐腐蚀性

金属在常温下抵抗各种腐蚀介质侵蚀的能力称为金属的

耐腐蚀性。金属材料被周围各种腐蚀介质，如空气中的水蒸气、有害气体以及酸、碱、盐等介质腐蚀的现象是很常见的。腐蚀不但使金属材料本身受到损伤，还会使机械零部件的使用性能遭到破坏，甚至会发生机械事故，其危害是很大的。为防止金属的腐蚀，一般可采用改变金属材料成分或表面处理的方法来提高金属的耐腐蚀性。

2.抗氧化性

金属在高温下抵抗氧化作用的能力称为金属的抗氧化性。在高温条件下工作的机械零件的金属氧化作用较为强烈，极易造成零件的损坏。因此选用零件材料时，必须考虑其抗氧化性能，例如汽车发动机排气门工作在高温、高压环境下，就应选用抗氧化性好的材料制造。

三、金属的工艺性能

金属的工艺性能是指金属材料适应各种加工工艺方法的能力。它包括金属的铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。

1.铸造性能

铸造性能是指金属材料能否用铸造方法获得优良铸件的能力。一般来说，铸铁、铸造铝合金具有良好的铸造性能。

2.压力加工性能

压力加工性能是指金属材料在冷、热状态下进行压力加工的难易程度。一般来说，低碳钢具有良好的压力加工性能，铸铁则不能进行压力加工。

3.焊接性能

焊接性能是指金属材料对焊接加工的适应性。一般来说，低碳钢具有良好的焊接性能，高碳钢、铸铁和铝合金的焊接性能则较差

4.切削加工性能

切削加工性能是指金属材料用切削刀具切削加工的难易程度。一般来说，铸铁、铝合金具有良好的切削加工性能，高合金钢的切削加工性能则较差。

5.热处理性能

热处理性能是指金属材料适应各种热处理方法的能力。钢一般都可以通过热处理来提高其性能。

金属材料的工艺性能对于机械零件加工工艺方法的选择极为重要。例如，铸造性能和切削加工性能较好的灰口铸铁可广泛应用于制造形状和尺寸较复杂的零件（如汽车发动机气缸体等）；压力加工性能和焊接性能较好的低碳钢常用来制造外形较复杂的零部件（如汽车车身外壳等）。

四、金属的机械性能

金属的机械性能又称为力学性能，它是指金属材料在加工和使用过程中，在外力作用下所表现出来的抵抗能力。主要的机械性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

金属材料在加工和使用过程中，都会受到外力的作用，这种外力通常称为载荷。载荷按作用性质不同，可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等 3 种形式；按作用方式不同，可分为拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等 5 种基本形式，载荷的作用形

式如图 1-4 所示。

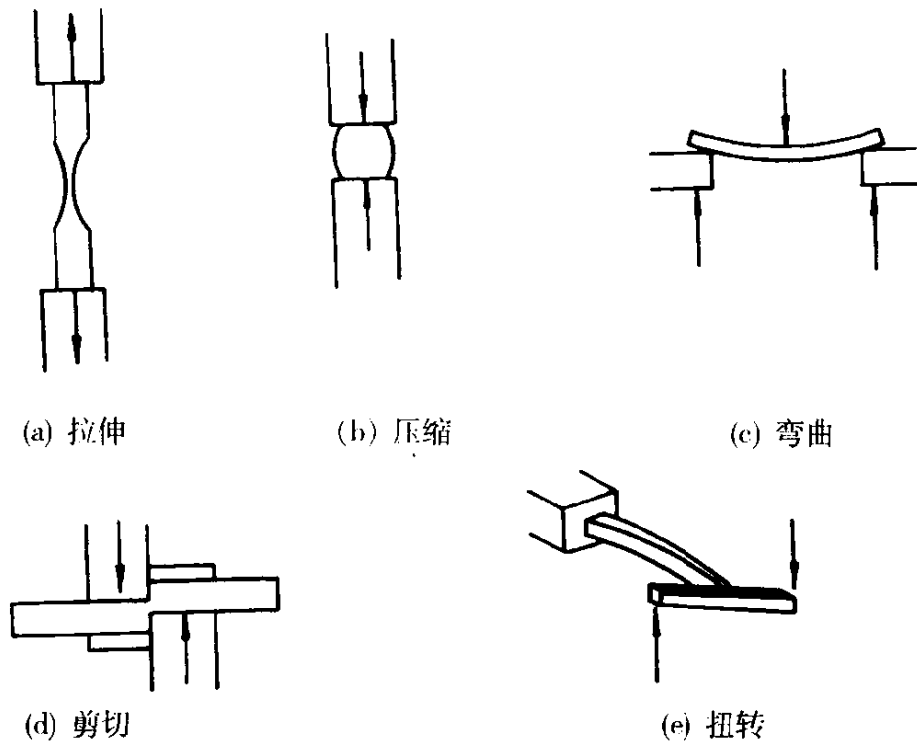


图 1-4 载荷的作用形式

金属材料在载荷作用下，形状和尺寸的变化称为变形。变形可分为弹性变形和塑性变形 2 种。所谓弹性变形是随着载荷的作用而产生，随着载荷的去除而消失的变形；塑性变形是不随载荷的去除而消失的变形。

1. 强度

金属材料在载荷作用下抵抗变形或破坏的能力称为强度。强度的大小常用应力表示，应力是指单位面积上抵抗变形或破坏的抵抗力（内力），用符号 σ 表示，单位为 Pa （即 N/m^2 ）。

金属材料的强度根据载荷作用方式的不同，可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。通常，应

用最广泛的是抗拉强度，抗拉强度可在拉伸试验机上通过拉伸试验测定，其常用指标为屈服极限和抗拉强度

(1) 屈服极限。金属材料在产生屈服时的应力称为屈服极限，又称为屈服点，用符号 σ_s 表示。屈服是指当在试样上的载荷增加到一定值后，不再增加，而试样仍继续变形的现象。屈服极限表示的是金属材料抵抗微量塑性变形的能力。零件的屈服极限应高于零件的工作应力，否则零件就会因过量的塑性变形而报废。

某些金属材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象发生，工程上规定这类材料产生 0.2% 原标距长度的塑性变形时的应力作为屈服极限，称为条件屈服极限，又称为条件屈服点，用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度。金属材料在被拉断前所承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 σ_b 表示。抗拉强度表示金属材料抵抗断裂破坏的能力。零件在工作时承受的最大应力不允许大于抗拉强度，否则就会发生断裂破坏。

2. 塑性

金属材料在载荷作用下发生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。金属材料的塑性也可通过拉伸试验测定，常用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率。材料试样拉断后标距长度的伸长量与原试样标距长度之比的百分数称为伸长率，又称为延伸率，用符号 δ 表示。 δ 数值越大，表示材料的塑性越好。

(2) 断面收缩率。材料试样拉断后横截面积的缩减量与原始横截面积之比的百分数称为断面收缩率，用符号 ψ 表示。 ψ 数值越大，表示材料的塑性越好

塑性好的金属材料易于通过压力加工的方法制成形状复杂的零件，同时，塑性好的金属材料制成的零件万一发生超载时，由于塑性变形能避免突然断裂。因此，机械工程材料大多要求有一定的塑性。

3.硬度

金属材料抵抗其他更硬的物体压入其表面的能力称为硬度。硬度可通过硬度试验测定，常用的有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度。布氏硬度用符号 **HB** 表示，根据试验机的压头不同，常用的有 **HBS**、**HBW** 2 种。硬度习惯上不写单位，如 **HBS175**。其数值越大，表示材料硬度越高。

(2) 洛氏硬度。洛氏硬度用符号 **HR** 表示，根据不同的试验标尺，常用的有 **HRC**、**HRB**、**HRA** 3 种。如 **HRC50**，其数值越大，表示材料硬度越高。

一般来说，金属材料的硬度越高，其耐磨性就越好。另外，硬度还可以间接地反映金属材料的强度。

4.韧性

许多机械零件在工作中受到的载荷不是不变或变化缓慢的静载荷，而是突然施加的载荷，即冲击载荷。例如汽车发动机中的活塞、活塞销、连杆和曲轴等在气缸中受到的载荷就是冲击载荷。金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力称为韧性。韧性可通过在冲击试验机上的冲击试验测定，冲击韧性用符号 a_k 表示，其单位为 J/m^2 (即焦耳/米²)，表示试样在冲断时单位面积上所消耗的冲击功。冲击韧性越高，表示材料的韧性越好。

5.疲劳强度

许多机械零件如汽车的曲轴、齿轮、钢板弹簧等在工作中承受的载荷大小、方向是随时间作周期性变化的，即为交变载荷。金属材料长时间在交变载荷产生的交变应力作用下而发生断裂的现象称为疲劳破坏金属材料在无数次交变载荷作用下（实际试验中钢铁材料为 10^7 次，有色金属为 10^8 次），而不发生断裂的最大应力称为疲劳强度。疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示，单位为 Pa（即 N/m^2 ），可通过疲劳试验测定。

总结上述各点，常用的机械性能指标及其含义可用表 1-2 来表示。

表 1-2 常用的机械性能指标及其含义

机械性能	性能指标			含义
	符号	名称	单位	
强度	σ_s	屈服点	Pa	外力不增加而试样仍能继续变形时的应力
	$\sigma_{0.2}$	条件屈服点	Pa	试样产生 0.2% 原标距长度的塑性变形时的应力
	σ_b	抗拉强度	Pa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	δ	伸长率	%	试样标距长度的伸长量与原标距长度的百分比
	ψ	断面收缩率	%	试样横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比

续表

机械性能	性能指标			含义
	符号	名称	单位	
硬度	HBS HBW	布氏硬度	Pa (一般不用)	压痕单位球形面积上所承受的压力
	HRC HRB HRA	洛氏硬度	-	根据压痕深度来确定的硬度
韧性	a_k	冲击韧性	J/m ²	冲击试样缺口处单位横截面积上的冲击吸收功
疲劳强度	σ_{-1}	疲劳强度	Pa	金属材料在无数次交变载荷作用下而不发生断裂的最大应力

第二章 钢铁材料及其在汽车上的应用

钢铁材料的主要组成元素是铁和碳，因此又称为铁碳合金。钢铁材料的性能较好且加工方便，因此，是汽车制造工业中应用最广泛的金属材料，其用量超过汽车制造用材料的 2/3。

钢铁材料包括碳素钢、合金钢和铸铁。含碳量小于 2.11% 的铁碳合金称为钢，含碳量大于 2.11% 的铁碳合金称为铸铁。一般要求的汽车结构零件大多采用碳素钢或铸铁制造，性能要求高的汽车结构零件则采用合金钢制造。

第一节 碳素钢

碳素钢简称碳钢，其含碳量小于 2.11% 除含有铁和碳 2 种主要元素外，还含有少量的硅、锰、硫、磷等杂质元素（它们称为常存元素）。碳素钢价格低廉，冶炼容易，具有较好的机械性能和优良的工艺性能，因此在汽车制造中得到广泛应用。

典型碳素钢制造的汽车零件如图 2-1 所示。

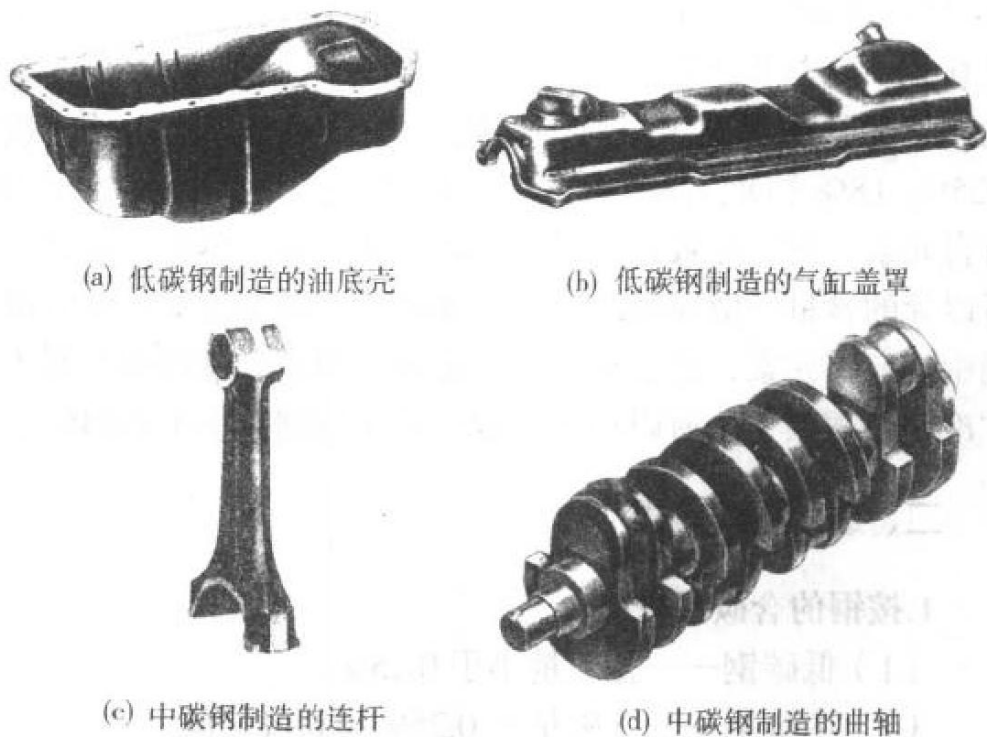


图 2-1 典型碳素钢制造的汽车零件

一、碳和常存元素对碳素钢的影响

1. 碳的影响

碳是决定钢性能的主要元素。随着含碳量增加，碳素钢的强度和硬度升高，塑性和韧性降低。当含碳量在 0.9% 左右时，强度达到最大值，以后随着含碳量的增加，硬度升高，强度、塑性和韧性降低，脆性增大。

2. 常存元素的影响

碳素钢中的常存元素是在冶炼时带入的，它们对钢的性能