

QCH

全国中等职业技术学校汽车类专业教材

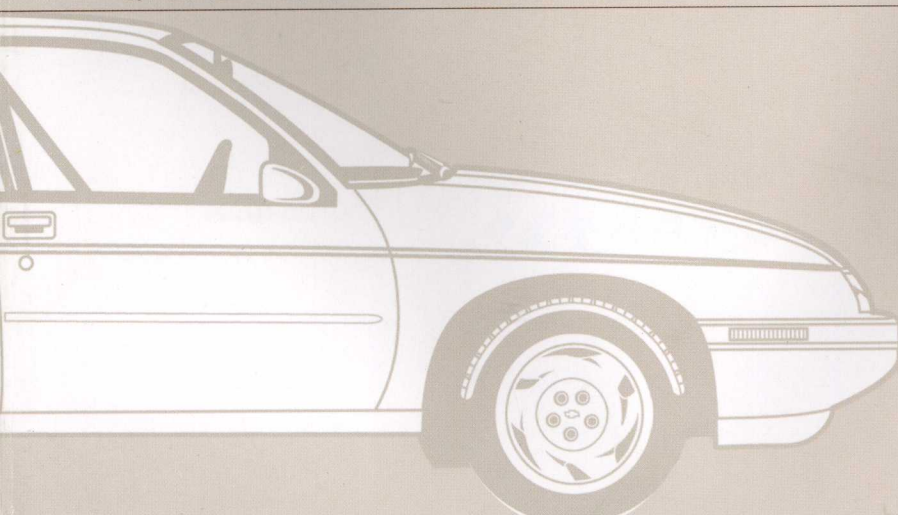
QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO QICHELEI ZHUANYE JIAOCAI



汽车材料与金属加工

QICHE CAILIAO YU JINSHU JIAGONG

(第二版)



中国劳动社会保障出版社

QCH

全国中等职业技术学校汽车类专业教材

汽车材料与金属加工

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料与金属加工/程叶军主编. —2 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007
全国中等职业技术学校汽车类专业教材
ISBN 978-7-5045-6038-4

I. 汽… II. 程… III. ①汽车-工程材料-技工学校-教材②汽车-金属加工-技工学校-教材 IV. U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 087078 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

中国印刷总公司北京新华印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 254 千字

2007 年 7 月第 2 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定价: 16.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

目 录

第一章 汽车材料基础知识.....	(1)
第一节 汽车材料概述.....	(1)
第二节 金属材料的性能.....	(6)
第二章 钢铁材料及其在汽车上的应用.....	(16)
第一节 碳素钢.....	(16)
第二节 钢的热处理简介.....	(19)
第三节 合金钢.....	(22)
第四节 铸铁.....	(27)
第三章 有色金属及其在汽车上的应用.....	(33)
第一节 铝及铝合金.....	(33)
第二节 铜及铜合金.....	(36)
第三节 滑动轴承合金.....	(40)
第四节 其他有色金属.....	(42)
第四章 非金属材料及其在汽车上的应用.....	(46)
第一节 塑料.....	(46)
第二节 橡胶.....	(50)
第三节 陶瓷和复合材料.....	(53)
第四节 胶粘剂.....	(57)
第五节 其他非金属材料.....	(59)
第五章 汽车燃料.....	(62)
第一节 车用汽油.....	(62)
第二节 轻柴油.....	(68)
第三节 汽车新能源.....	(73)
第六章 汽车润滑材料.....	(77)
第一节 发动机润滑油.....	(77)

第二节 车辆齿轮油·····	(85)
第三节 润滑脂·····	(90)
第七章 汽车工作液·····	(94)
第一节 汽车制动液·····	(94)
第二节 汽车防冻液·····	(96)
第三节 汽车液力传动油·····	(98)
第四节 其他汽车工作介质·····	(100)
第八章 汽车美容与装饰材料简介·····	(104)
第一节 汽车美容护理材料·····	(104)
第二节 常用汽车装饰材料·····	(109)
第九章 金属加工基础知识·····	(114)
第一节 铸造·····	(114)
第二节 压力加工·····	(120)
第三节 焊接·····	(128)
第四节 切削加工·····	(134)
第十章 金属零件常用的切削加工·····	(139)
第一节 车削·····	(139)
第二节 钻削与镗削·····	(142)
第三节 铣削与拉削·····	(147)
第四节 磨削·····	(152)
附录一 常用车辆用油牌号推荐表·····	(159)
附录二 车用柴油技术要求和试验方法 (GB/T 19147—2003) ·····	(160)
附录三 我国各地各月份风险率为 10% 的最低气温 (GB/T 19147—2003) ·····	(161)
附录四 机动车辆制动液的技术要求 (GB 12981—2003) ·····	(162)

第一章 汽车材料基础知识

第一节 汽车材料概述

汽车是现代交通的重要工具。汽车从设计、选材、加工制造，到使用、维修和养护等无一不涉及到材料。汽车工业更是伴随着汽车材料及其加工工艺的发展而发展的。

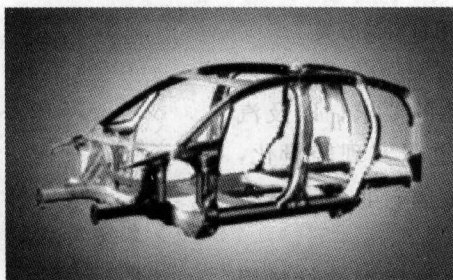
小资料

全铝车身—奥迪 A2

德国奥迪汽车公司在 1999 年推出的奥迪 A2，以全新的轻量化结构，成为世界上第一款大批量生产的全铝轿车。奥迪 A2 的车身采用全铝空间框架车身 ASF。所谓 ASF 概念即仪表板部分由高强度铝结构支撑，空间构架由真空压铸接头的挤压成型段组成，这两者结合成很轻的铝合金车身。从前顶柱到行李舱边，包括车门把手坑都是用



奥迪 A2 轿车



全铝车身

铝材冲压成形。

由于奥迪 A2 采用 ASF 空间结构，使车身重量比传统钢制车身轻 40% 以上，只有 895 kg，比这种型式同样大小的车轻 150 kg，燃油消耗大大降低。

汽车材料是指汽车生产制造以及汽车运行中所用到的材料，通常分为汽车零部件材料和汽车运行材料两大类。

一、汽车零部件材料

一辆汽车是由上万个零部件组装而成的，而这些零部件又是采用了上千种不同种类、规格的材料加工制造而成。工程上，通常把用于制造汽车的工程材料统称为汽车零部件材料。

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和橡胶产量的1/2，都用于汽车及其相关工业。汽车零部件常用材料的分类如图1—1所示。

汽车零部件材料以金属材料为主，金属材料中又以钢铁材料的用量最多。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。

知识链接

材料是指能为人类制造有用器件的物质。

现代工程材料按用途大致可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料主要用于制造工程结构、机械零件和工具等；功能材料是指具有特殊物理性能和功能的材料，如电阻材料、磁性材料、膨胀材料和光纤材料等。

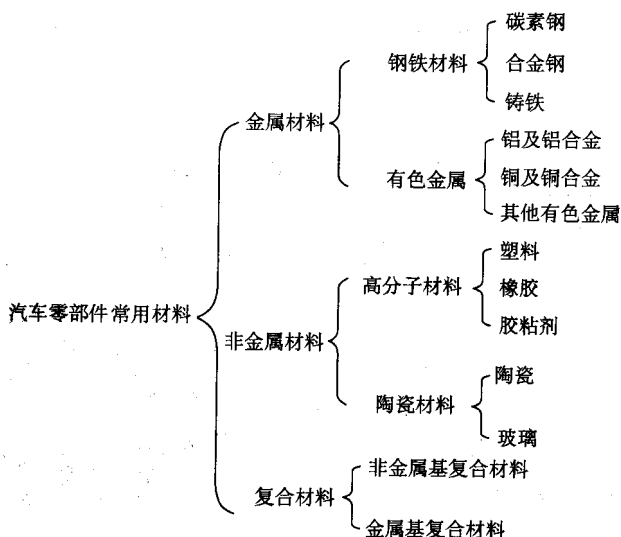


图 1—1 汽车零部件常用材料的分类

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，而有有色金属、非金属材料 and 复合材料等新材料的用量正在上升。

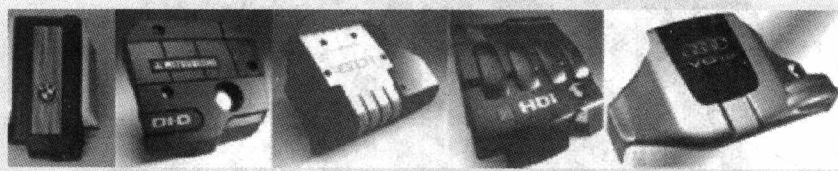
例如，铝合金、镁合金等有色金属越来越多地替代钢铁材料用于制造汽车构件；工程塑料也广泛用于汽车保险杠、内外饰覆盖件以及高档车用安全玻璃等各种部件；复合材料以其特有的质轻、耐冲击和便于加工异形曲面等良好性能，用于制造汽车车身和其他大型的结构件。此外，陶瓷、合成纤维及其他高分子材料也都在汽车上得到应用，并且范围逐步扩大。各种性能优越的新材料的应用，促进了汽车性能的提高和汽车工业的发展。

想一想

汽车为什么要实现轻量化？

小资料

尼龙材料制成的汽车制品

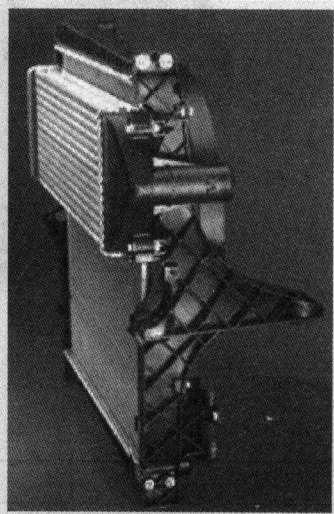


发动机盖



进气箱阀

尼龙制成的发动机盖具有良好的表面，如选用有颜色的铸模成型件，还可以避免昂贵的涂装步骤。用尼龙进气箱阀替代了原来的铝进气箱阀，可以将生产成本减低30%，并减轻50%的质量。尼龙成型件的低质量和部件集成能力使其制成的散热器风扇比相应的金属制品质量减轻了很多，并且它还具有优异的热稳定性、高硬度、低热变形和耐磨耗能力



散热器风扇

据统计，目前我国国产中型载货汽车的材料构成比为：钢材占 64%、铸铁占 21%、有色金属占 1%、非金属材料占 14%，如图 1—2 所示；国产奥迪轿车的材料构成比约为：钢材占 62%、铸铁占 9.67%、粉末冶金占 1.23%、有色金属占 8.5%、非金属材料占 18.6%，如图 1—3 所示。轿车与载货汽车相比，采用了更多的有色金属、非金属材料 and 粉末冶金材料，在新材料的使用上具有明显优势。

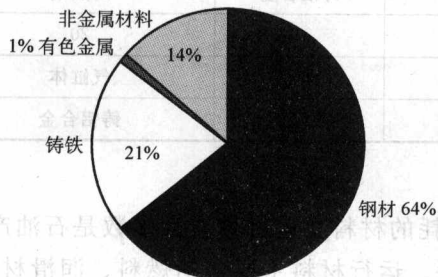


图 1—2 国产中型载货汽车的材料构成比

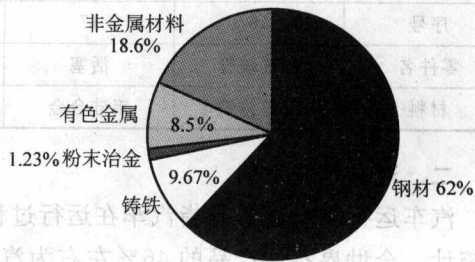


图 1—3 国产奥迪轿车的材料构成比

图 1—4 所示为轿车发动机，分析其各组成零件的制造材料，见表 1—1。

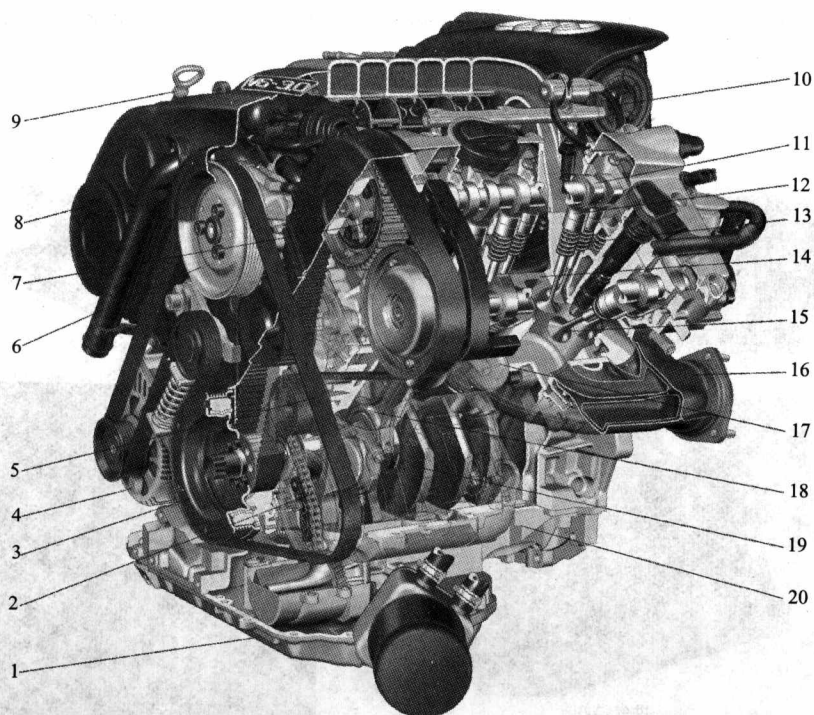


图 1—4 轿车发动机材料应用实例

表 1—1

轿车发动机材料应用

序号	1	2	3	4	5
零件名	油底壳	齿形链	曲轴带轮	发电机壳	水泵传动带
材料	低碳钢	合金钢	低碳钢	铸铝合金	纤维增强氯丁橡胶
序号	6	7	8	9	10
零件名	水泵带轮	正时齿轮	正时齿轮罩	机油尺	真空管
材料	低碳钢	铁基粉末冶金	工程塑料	低碳钢	丁腈橡胶
序号	11	12	13	14	15
零件名	凸轮轴	挺柱柱体	气门弹簧	气缸盖	排气门
材料	合金铸铁	合金钢	弹簧钢	铸铝合金	耐热钢
序号	16	17	18	19	20
零件名	排气歧管	活塞	连杆	曲轴	气缸体
材料	球墨铸铁	铝硅合金	中碳钢	中碳钢	铸铝合金

二、汽车运行材料

汽车运行材料通常是指汽车在运行过程中所消耗的材料。运行材料大多数是石油产品。据统计，全世界石油产品的 46% 左右为汽车所消耗。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分类如图 1—5 所示。

1. 汽车燃料

汽车作为交通工具在道路上行驶，需要消耗燃料以提供动力。目前汽油和轻柴油是汽车

的主要燃料。近年来为了减少石油的消耗，降低排放污染，开发了乙醇汽油、液化石油气和天然气等汽车新能源。图 1—6 为正在给车辆加注乙醇汽油，图 1—7 为使用液化石油气的轿车。

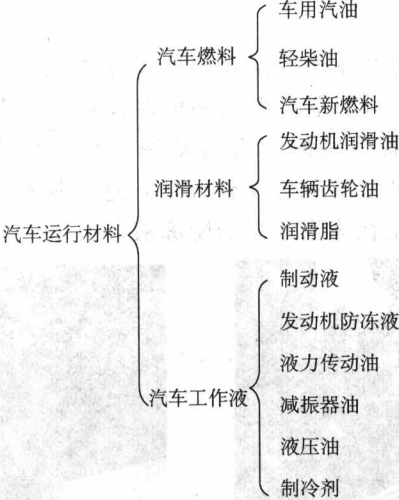


图 1—5 汽车运行材料的分类



图 1—6 加注乙醇汽油

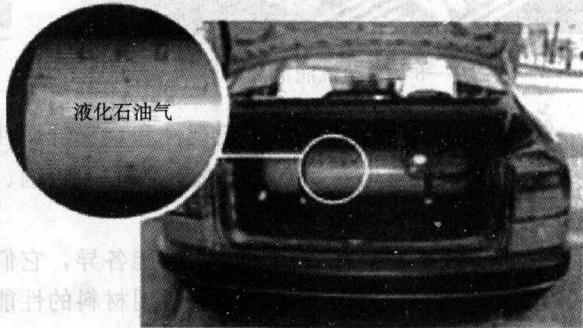


图 1—7 使用液化石油气轿车

知识链接

近年来，国际市场石油价格居高不下，我国作为世界第二大石油消费国，日益增长的机动车数量和迅猛发展的石化产业把“油荒”问题摆在了人们面前。2002 年以来，我国开始推广车用乙醇汽油，这是进一步调整能源消费结构，开发石油替代资源的重大战略举措。此举还可有效改善汽车尾气排放和大气环境质量，促进生产和消费的良性循环。

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，就必须使用各种润滑材料。常用的润滑材料有发动机润滑油、车辆齿轮油和润滑脂等。

发动机润滑油主要是对发动机的曲轴、连杆、活塞、气缸壁、凸轮轴、气门等摩擦零件

进行润滑。车辆齿轮油主要用于变速器、后桥齿轮等传动机构摩擦处的润滑。润滑脂主要用于汽车传动轴（十字轴轴承、滑动叉）、轮毂轴承、钢板弹簧销、转向节销、万向节销等部位的润滑。图 1—8 即正在给发动机添加润滑油。

3. 汽车工作液

汽车的各个工作系统需使用各种工作介质用以保障汽车的正常工作和安全行驶。例如，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、液压油和制冷剂等工作介质，这些材料统称为汽车工作液。图 1—9 所示为正在为汽车添加防冻液。

想一想

汽车为什么必须要使用润滑材料？



图 1—8 发动机润滑油的添加

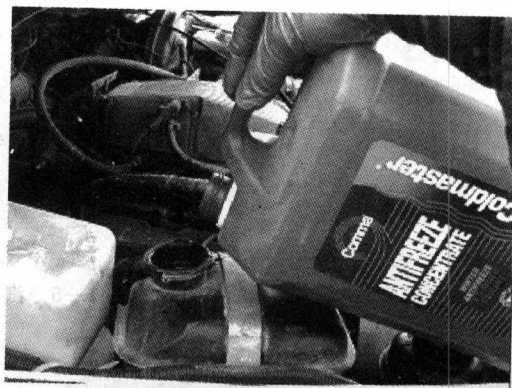


图 1—9 防冻液的添加

近年来，随着人们对汽车美观性和乘坐舒适性要求的提高，出现了许多新型的汽车美容与装饰材料，如汽车清洗剂、车蜡、汽车保护剂、车膜、真皮内饰等，用以满足人们的各种需要。

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。汽车的各项使用性能和使用寿命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

金属材料是主要的汽车零部件材料，汽车中约有 80% 的零件是用金属材料制成的。由于用于制造汽车零部件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个方面，其中使用性能又包括物理性能、化学性能和力学性能等。

一、金属的物理性能

金属的物理性能是金属材料的固有性能，它包括密度、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。例如发动机活塞要求质量轻、运动惯性小，因此常用密度小的铝合金制造，见图 1—10。

2. 熔点

熔点是指金属从固态转变为液态时的最低温度。

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。

导热性好的金属散热性能好，所以汽车上的散热器（见图 1—11）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。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广泛应用，如轴与轴瓦的装配间隙须根据材料热膨胀性来确定；在汽车修理中还利用金属的热膨胀性进行装配，例如将活塞在开水或热油中先加热，使活塞孔径产生膨胀，从而使活塞销顺利地装进活塞孔，将活塞和连杆连接起来。

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。磁性材料是制造汽车上的电机、仪表等电气设备不可缺少的材料。

常见金属的物理性能见表 1—2。

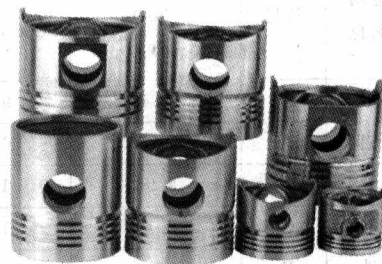


图 1—10 铝合金活塞

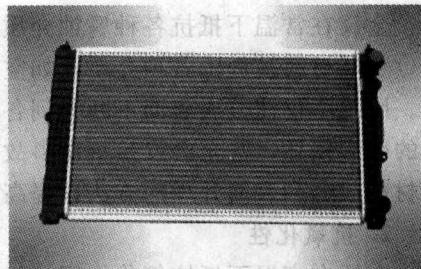


图 1—11 汽车散热器

想一想

请举例说明金属的物理性能在日常生活中的应用？

表 1—2

常见金属的物理性能

金属名称	符号	密度 ρ (20°) ($10^3 \times \text{kg/m}^3$)	熔点 (°C)	电阻率 ρ (0 °C) ($1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$)	热导率 λ W/(m·K)	线膨胀系数 α (0~100°C) ($1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)
银	Ag	10.49	960.8	1.5	418.6	19.7
铝	Al	2.698 4	660.1	2.665	221.9	23.6
铜	Cu	8.96	1 083	1.67~1.68 (20°C)	393.5	17.0
铬	Cr	7.19	1 903	12.9	67	6.2
铁	Fe	7.87	1 538	9.7	75.4	11.76
镁	Mg	1.74	650	4.47	153.7	24.3
锰	Mn	7.43	1 224	185 (20°C)	4.98 (—192°C)	37
镍	Ni	8.90	1 453	6.84	92.1	13.4
钛	Ti	4.508	1 677	42.1~47.8	15.1	8.2
锡	Sn	7.298	231.91	11.5	62.8	2.3
钨	W	19.3	3 380	5.1	166.2	4.6 (20°C)

二、金属的化学性能

金属的化学性能是指金属材料与周围介质接触时抵抗发生化学或电化学反应的性能。它一般包括耐腐蚀性和抗氧化性。

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介质，如空气中的有害气体以及酸、碱、盐等腐蚀的现象是很常见的。腐蚀不仅使金属表面不断受到各种侵蚀，有时还会侵入金属内部，严重时造成机械零部件的破裂损坏，甚至会发生机械事故，其危害很大。为防止金属的腐蚀，一般可采用改变金属材料成分和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。

金属材料与空气中的氧气容易产生氧化作用，在高温时，金属的氧化作用更为强烈，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。例如高温下工作的发动机排气门，通常都是采用抗氧化性好的耐热钢制造。

三、金属的力学性能

金属的力学性能又称为机械性能，它是指金属在外力作用下表现出来的性能。

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三种。

静载荷——指大小和方向不变或变化缓慢的载荷。

冲击载荷——指突然增加的载荷。

交变载荷——指大小和方向随着时间作周期性变化的载荷。

想一想

请结合汽车零部件的工作状况，列举几个零部件金属材料化学性能应用的实例。

载荷按作用方式不同,可分为拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转五种基本形式,各种载荷的作用形式如图 1—12 所示。

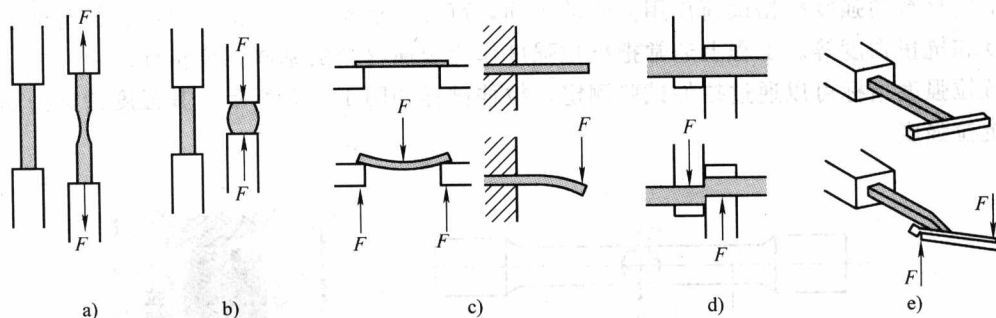


图 1—12 载荷的作用形式

a) 拉伸 b) 压缩 c) 弯曲 d) 剪切 e) 扭转

金属材料在载荷作用下,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。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;塑性变形是随载荷的去除不能消失的变形。

金属材料的选用离不开对金属力学性能的分析。例如桥梁施工中使用的钢缆材料及规格,必须能满足桥梁使用的负载要求,在安全使用范围内不能发生破坏或较大的弹性变形(图 1—13)。又如汽车轮胎紧固螺栓材料及规格的选择,就必须能保证在使用过程中螺栓不会由于承受不住剪切而扭断,从而保障驾乘人员的安全(图 1—14)。材料的力学性能是影响材料选用的至关重要的因素。

金属材料主要的力学性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

想一想

零件选材时为什么要考虑到金属的力学性能?

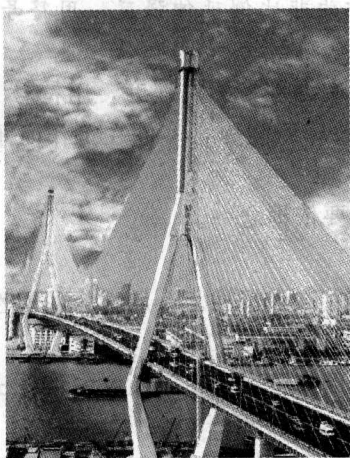


图 1—13 桥梁钢缆

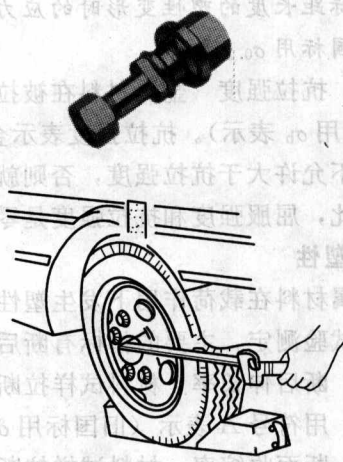


图 1—14 汽车轮胎螺栓

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。强度大小常用应力表示,应力

是指单位面积上的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。工程上通常把抗拉强度作为金属材料的基本强度指标。

抗拉强度指标可以通过拉伸试验测定，拉伸试样如图 1—15 所示，其强度指标为屈服强度和抗拉强度。

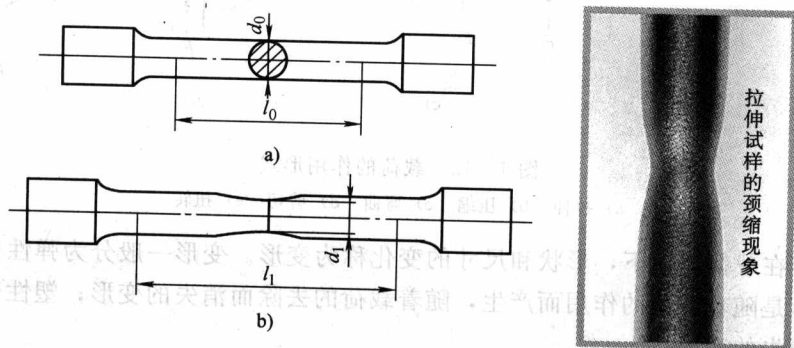


图 1—15 拉伸试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

(1) 屈服强度 当试样上的载荷增加到一定值后，载荷不再增加，而试样仍继续变形，这一现象称为屈服。金属材料在产生屈服时的应力称为屈服强度，按 GB/T 228—2002 规定，可用符号 R_{eL} 表示（旧国标用 σ_s 表示）。屈服强度表示的是金属材料抵抗微量塑性变形的能力。零件的工作应力应低于零件的屈服强度，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% 原规定标距长度的塑性变形时的应力作为屈服极限，称为非比例延伸强度，用符号 $R_{p0.2}$ 表示（旧国标用 $\sigma_{0.2}$ 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 R_m 表示（旧国标用 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。

因此，屈服强度和抗拉强度是零件设计和选材的主要依据之一。

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，主要的指标有断后伸长率和断面收缩率（图 1—16）。

(1) 断后伸长率 材料试样拉断后标距长度的伸长量与原试样标距长度的百分比叫断后伸长率，用符号 A 表示（旧国标用 δ 表示）。 A 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的百分比称为断面收缩率，用符号 Z 表示（旧国标用 ψ 表示）。 Z 数值越大，表示材料的塑性越好。

塑性和强度是金属材料最重要的力学性能指标。塑性好的金属材料易于通过压力加工制成形状复杂的零件，如汽车车身覆盖件大多是采用有良好塑性的冷轧钢板冲压而成。而且用

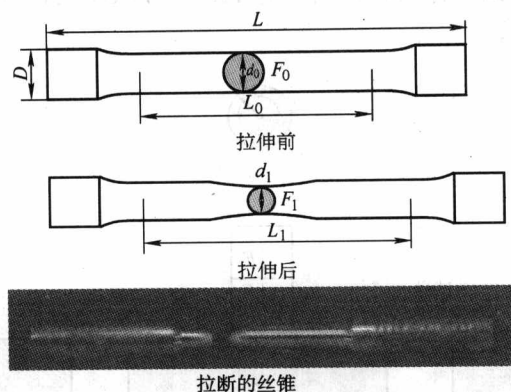


图 1—16 塑性指标

塑性好的金属材料制成的零件，偶尔发生超载时，由于塑性变形而能避免发生突然断裂而造成事故。因此，用于汽车制造的材料大多要求有一定的塑性。

3. 硬度

金属材料抵抗其他硬物压入其表面的能力称为硬度。硬度可通过硬度试验测定，常用的有布氏硬度和洛氏硬度两种。

(1) 布氏硬度 布氏硬度试验是使用一定直径的硬质合金球体，以规定试验力压入试样表面，保持规定时间后卸除试验力，

然后用测量表面压痕直径来计算硬度，如图 1—17 所示。布氏硬度用符号 HBW 表示，如 175HBW。数值越大，表示材料硬度越高。

以前在布氏硬度试验中，也有采用淬火钢球为压头进行试验，这种方法测得的布氏硬度值用 HBS 表示。而新的国家标准规定全部采用硬质合金球为压头，用 HBW 表示。

考一考

金属材料最重要的力学性能指标是哪两个？
标征它们的主要指标是什么？

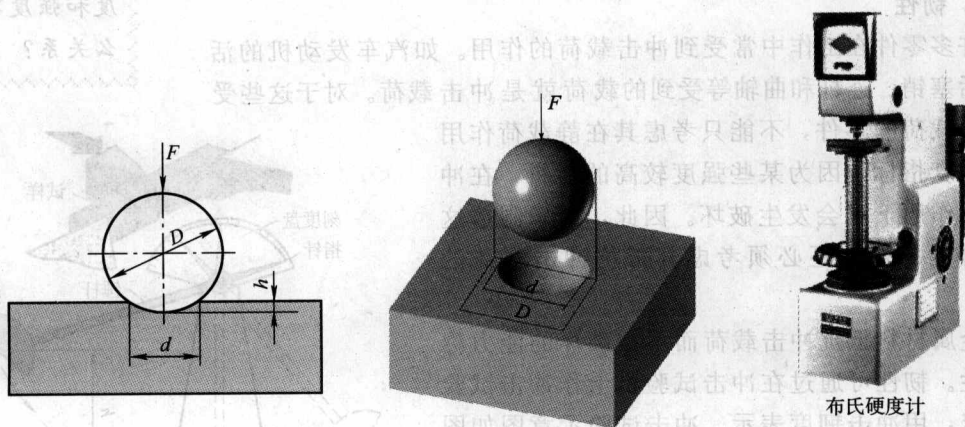


图 1—17 布氏硬度测定示意图

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度试验采用金刚石圆锥体或淬火钢球压头压入金属表面，保持一定时间后卸除试验力，以测得的压痕深度来计算洛氏硬度，如图 1—18 所示。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 三种,如 HRC50。数值越大,表示材料硬度越高。

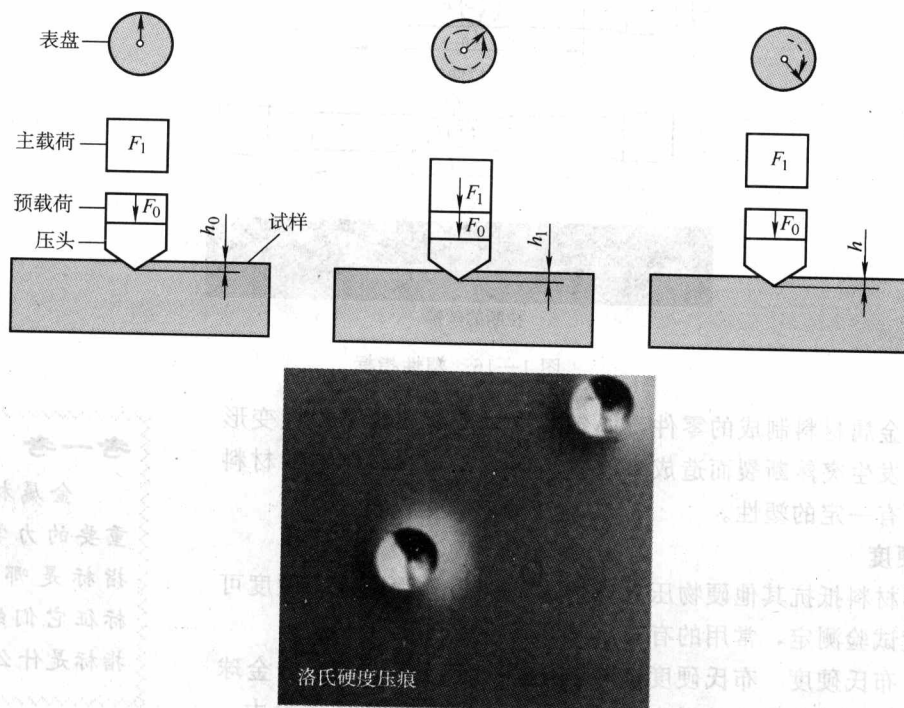


图 1—18 洛氏硬度测定

一般来说,金属材料的硬度越高,其耐磨性越好。另外,材料的硬度和强度也有一定的关系,一般硬度高,则强度也高。因此,硬度可用来作为估算材料强度的参考。

4. 韧性

许多零件在工作中常受到冲击载荷的作用。如汽车发动机的活塞、活塞销、连杆和曲轴等受到的载荷就是冲击载荷。对于这些受到冲击载荷的零件,不能只考虑其在静载荷作用下的强度指标,因为某些强度较高的材料,在冲击载荷作用下也会发生破坏。因此,用于制造这类零件的材料,还必须考虑其抵抗冲击载荷的能力。

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作冲击试验来测定,用冲击韧度表示。冲击试验示意图如图 1—19 所示。

冲击韧度表示试样在冲断时单位面积上所消耗的冲击功,用符号 α_k 表示,其单位为 J/m^2 。

考一考

材料的硬度和强度有什么关系?

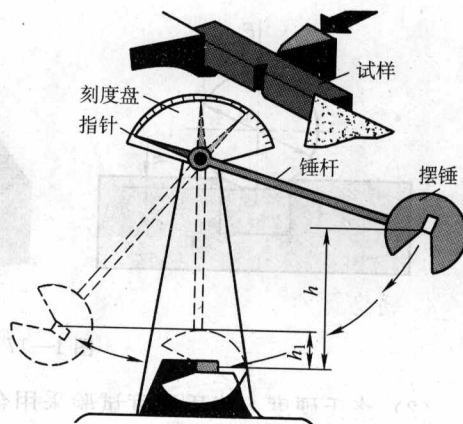


图 1—19 冲击试验示意图