

高职高专教改系列教材

汽车机械基础

主 编 程 玉 赵华新



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

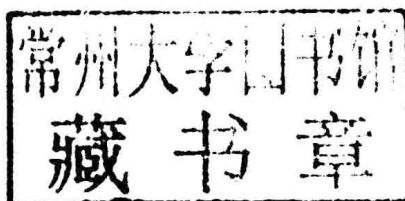
高职高专教改系列教材

汽车机械基础

主 编 程 玉 赵华新

副主编 何 伟 曹文霞

主 审 余承辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高职高专汽车类各专业的专业基础课教材，与汽车制造、汽车检测与维修、汽车营销、工程机械等各专业课程内容紧密结合。本书以高职高专汽车类专业人才培养目标为依据，以第五轮教学改革为基础，充分考虑高职高专教育的特点，淡化学科体系，突出实际应用，将汽车类专业机械基础课程的内容进行整合，组成了汽车机械基础的新体系，为减少教学课时、提高教学效率提供了条件。

本书共分为5章，内容包括：汽车材料基础知识，理论力学基础知识，液压传动基础，公差配合与测量基础，以及机械传动基础，将传统机械专业五门主干课程的内容科学地整合一体，注重实用。

本书图文并茂，直观明了，是高职高专技术院校和各类培训学校汽车类或近机类专业的教材，也可作为汽车专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（C I P）数据

汽车机械基础 / 程玉, 赵华新主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2014. 1
高职高专教改系列教材
ISBN 978-7-5170-1671-7

I. ①汽… II. ①程… ②赵… III. ①汽车—机械学
—高等职业教育—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第008834号

书 名	高职高专教改系列教材 汽车机械基础
作 者	主编 程玉 赵华新
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 22.75印张 568千字
版 次	2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	48.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书是根据教育部对高职高专汽车类专业各领域技能型紧缺人才培养目标的要求编写的。全书以构件的材料性能及测量基础知识为基础,以常用传动机构和通用零件为主要研究对象,以机构传动方式为主线进行讲述。每章均设置了典型习题,以强化学生对知识点的理解和掌握。

本书的主要特点如下:

(1) 科学性。本教材对传统学科型教材进行了整合,保证了汽车类专业所需的最基本、最主要的机械基础的经典内容,尽量避免内容之间不必要的交叉和重叠,淡化学科体系,减少教学时数,以提高课堂教学效率。

(2) 实践性。本教材编写过程中引用了大量的企业加工实例,以教学实践、技术实践、生产实践为依据,重点培养学生的技术应用能力,专业技能要求与职业资格证书制度相衔接。

(3) 可读性。本教材内容详略有当,注重实用,图文并茂,通俗易懂,便于教学。

(4) 先进性。本教材中所用的标准均为最新的国家标准和汽车标准。

本书由安徽水利水电职业技术学院程玉、赵华新担任主编,并负责审阅统稿工作。安徽水利水电职业技术学院何伟、曹文霞任副主编。另外,参加本书编写的还有通用职业技术学院的冯利华,陆军军官学校的汝艳,安徽水利水电职业技术学院的杨文杰、程艳、李玉琴、郑传现、王贤虎、方俊芳、葛从新、徐华俊、陶小川、彭伟,蚌埠闸管理处的张时国,江淮集团的高二磊、吴张斌,中国电子科技集团第三十八研究所的陈兴玉、柳吉庆,东风机械厂的刘敏等。

本书由安徽水利水电职业技术学院余承辉教授任审阅,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请学校师生和专业同仁批评指正。

编者

2013年11月

于合肥

目 录

前言

第 1 章 汽车材料基础知识	1
1.1 汽车材料概述	1
1.2 金属材料的性能	3
1.3 金属材料及其在汽车上的应用	7
1.4 非金属材料及其在汽车上的应用	23
1.5 汽车燃料的性能及使用	27
1.6 汽车润滑材料	31
1.7 汽车工作液	33
1.8 其他汽车常用材料简介	35
第 2 章 理论力学基础知识	39
2.1 力学基础知识	39
2.2 平面汇交力系	45
2.3 力矩与力偶系	48
2.4 平面任意力系	50
第 3 章 液压传动基础	56
3.1 液压传动的发展概况	56
3.2 液压传动的工作原理及系统组成	56
3.3 液压传动的工作介质	60
3.4 液压控制阀的结构原理与应用	66
3.5 液压泵	71
3.6 液压系统基本回路	84
第 4 章 公差配合与测量基础	98
4.1 测量技术基础	98
4.2 光滑圆柱的公差配合及其检测	115
4.3 几何公差及其检测	139
4.4 表面粗糙度及其检测	175
第 5 章 机械传动基础	193
5.1 机械的概念	193

5.2	平面机构及平面连杆机构	194
5.3	带传动与链传动	212
5.4	齿轮传动	244
5.5	蜗杆传动	289
5.6	机件的联接	293
5.7	轮系	313
5.8	轴承	323
5.9	联轴器与离合器	341

第1章 汽车材料基础知识

1.1 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。前者指用以加工制造组成汽车的成千上万种零部件的不同品质、不同规格的机械工程材料，后者指汽车在运行过程中需要使用和消耗的燃料、润滑材料和工作液等。本章主要介绍汽车零部件材料，对汽车运行材料只作简单概述。

1.1.1 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。

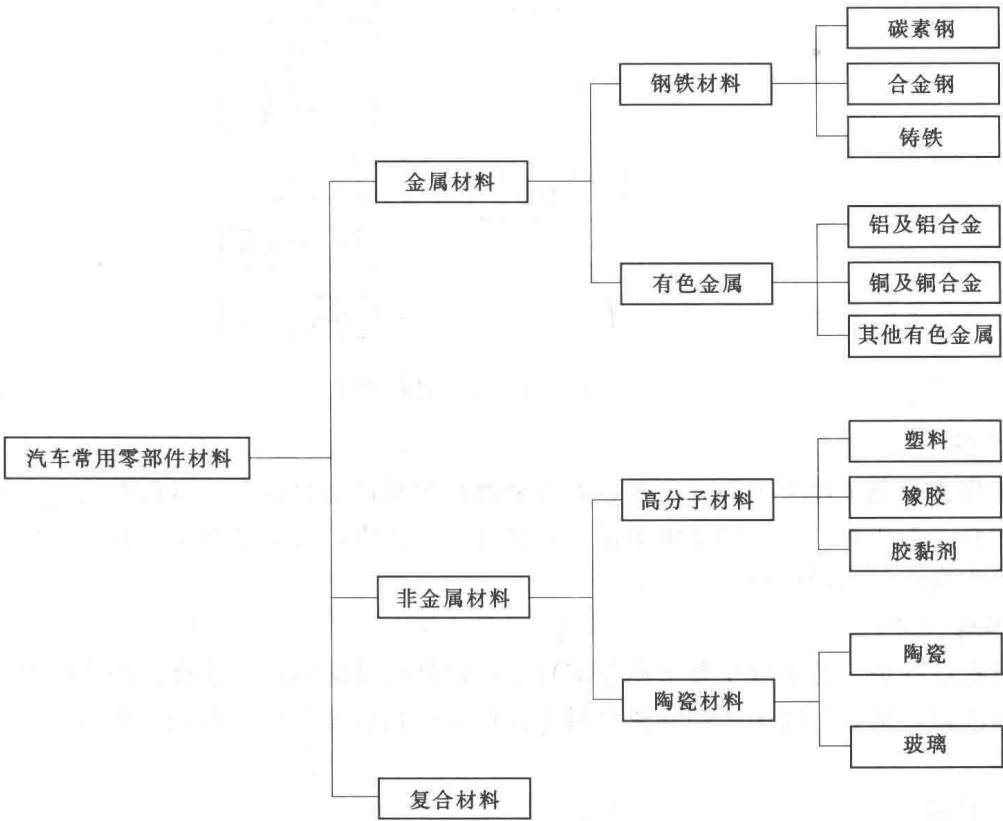


图 1.1 汽车零部件常用材料种类

汽车零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最多。有色金属和非金属材料因其具有钢铁材料所没有的特性，所以在汽车制造中也得到了广泛应用。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 and 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。

1.1.2 汽车运行材料

汽车运行材料大都是石油产品。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 1.2 所示。

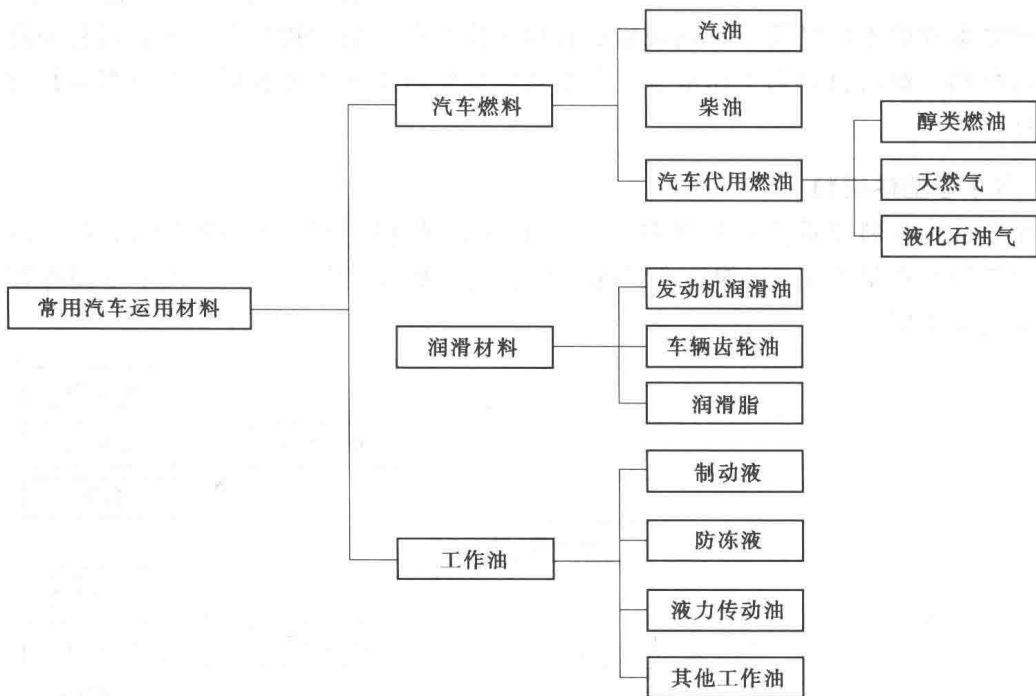


图 1.2 常用汽车运行材料的种类

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，它们主要包括液体制动系统需使用的制动液、冷却系统需使用的防冻液、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，这些材料统称为汽车工作液。

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。

1.2 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。用于汽车零件制造的金属材料种类很多、性能各异，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。

1.2.1 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 γ 表示，单位为 kg/m^3 。

密度大于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属，如铜、铁等；密度小于 $5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属，如铝、钛等。在零件选材时，需要考虑金属的密度。例如，汽车发动机的活塞要求质量小、运动冲击惯性小，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 $\Omega \cdot \text{m}$ （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)，导热率越高，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的因素；轴与轴瓦的装配间隙必须根据材料的热膨胀性来确定；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，即先将活塞放入开水或热油中加热，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（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、灯、电器设备等不可缺少的材料。常见金属的物理性能见表 1.1。

表 1.1 常见金属的物理性能如

金属名称	符号	密度 $\gamma(20^{\circ}\text{C})$ ($\times 10^3 \text{ kg/m}^3$)	熔点 ($^{\circ}\text{C}$)	热导率 λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	线膨胀系数 α ($0\sim 100^{\circ}\text{C}$) ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	电阻率 ρ (0°C) ($\times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)
银	Ag	0.49	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 ^①
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 ^②
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	166.25.1		

① 20℃。
② 192℃。

1.2.2 金属化学性能

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、盐等腐蚀的现象很常见。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。一般可采用改变金属材料成分或表面处理的方法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，其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。

1.2.3 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比较差。

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（如汽车发电机汽缸体等）；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件（如汽车车身外壳等）。

1.2.4 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时，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。

金属材料在加工和使用过程中，经常受到外力的作用，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。载荷的分类及性质见表 1.2。

表 1.2 载 荷 的 分 类

载 荷 分 类		应 用 举 例	
根据外力作用的类型分	拉伸载荷	抗拉强度	拉钩、绳、螺栓
	压缩载荷	抗压强度	活塞、连杆
	弯曲载荷	抗弯强度	曲轴、摇臂
	剪切载荷	抗剪强度	销、轴
	扭转载荷	扭转强度	曲轴等旋转零件
根据作用力的方向、时间分	静载荷	缓慢增加后保持大小和方向不变的载荷	
	冲击载荷	不仅和作用力有关，而且和作用时的速度有关	
	交变载荷	力的大小、方向随时间作周期性变化	

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两种。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力（内力）的能力，用符号 σ 表示，单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ 。

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，其通常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，工程上规定将这类材料产生 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。材料试样拉断后的横截面积的缩减量与原始横截面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，常用有的 HBS、HRB 两种。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 HRC、HBW、HRA 等 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，其耐磨性越好，另外，硬度还可以间接地反应金属材料的强度。

4. 韧性

许多机械工程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、连杆和曲轴等在汽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 (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断裂。金属材料在无数次交变载荷作用下（实际实验中钢铁材料为 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 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ ，可通过疲劳试验测定。

综上所述，常用的机械性能指标及其含义见表 1.3。

表 1.3 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的百分比
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	α_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

1.3 金属材料及其在汽车上的应用

1.3.1 钢铁材料

钢铁材料是以铁和碳为基本元素的合金，如钢、铸铁及其合金。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% 的铁碳合金称为碳素钢，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。

1.3.1.1 碳素钢

碳素钢简称碳钢，其含量小于 2.11%，除含有铁和碳两种主要元素外，还含有少量的硅、锰、硫、磷等杂质元素。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 1.3 所示。

1. 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。随着含碳量的增大，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，之后随着含碳量的增加，硬度升高，强度、塑性和韧性和疲劳强度降低，脆性增大。

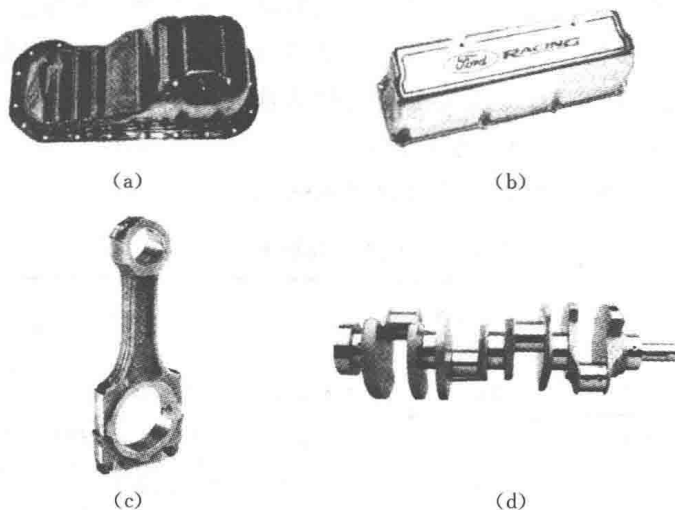


图 1.3 典型碳素钢制造的汽车零件

(a) 低碳钢制造的油底壳；(b) 低碳钢制造的汽缸盖罩；
(c) 中碳钢制造的连杆；(d) 中碳钢制造的曲轴

(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，它们对钢的性能都有一定的影响。其中硅石作为脱氧剂加入钢中的，残余的硅能提高钢的强度和硬度，所以硅是有益元素，其含量一般不超过 0.5%。锰是作为脱氧剂和除硫剂加入钢中的，残余的锰也能提高钢的强度和硬度，所以锰也是有益元素，其含量一般为 0.25%~0.8%，高的可达 1.2%。硫是炼钢时残留在钢中的有害元素，它会导致钢在加热时开裂（即“热脆”）现象，所以硫的含量一般应控制在小于 0.055%。磷也是炼钢时残留在钢中的有害元素，它会导致钢在常温下因脆性过高而开裂，所以磷的含量一般应控制在小于 0.045%。

2. 碳素钢的分类

(1) 按钢的含量分类。

- 1) 低碳钢：含碳量小于 0.25%。
- 2) 中碳钢：含碳量为 0.25%~0.60%。
- 3) 高碳钢：含碳量大于 0.60%。

(2) 按钢的质量分类。

- 1) 碳素结构钢：含硫量小于 0.050%~0.055%，含磷量小于 0.040%~0.045%。
- 2) 优质碳素结构钢：含硫量、含磷量小于 0.035%~0.040%。
- 3) 高级优质碳素结构钢：含硫量小于 0.020%~0.030%，含磷量小于 0.030%~0.035%。

(3) 按钢的用途分。

- 1) 碳素结构钢：用于制造机械零件和工程构件。
- 2) 碳素工具钢：用于制造刀具、量具和模具。

(4) 按钢的脱氧程度分类。

- 1) 镇静钢：完全脱氧钢，钢液烧注时平静地凝固。
- 2) 沸腾钢：不脱氧钢，钢液烧注时有气体溢出。
- 3) 半镇静钢：半脱氧钢，介于镇静钢和沸腾钢之间。



3. 常用碳素钢

(1) 碳素结构钢。其含量为 0.006%~0.38%，杂质元素硫、磷的含量较多，但冶炼容易，价格低廉，并具有较高的塑形和焊接性能，能满足一般的使用要求，因此大量用于汽车普通零件的制造。

根据国家标准 GB 700—2006《碳素结构钢标准》规定，碳素结构钢的牌号用“Q”加“屈服点数值—质量等级符号·脱氧程度符号”的格式表示。质量等级分为 A、B、C、D 等 4 级；脱氧程度符号中：F 表示沸腾钢，Z 表示镇静钢，TZ 表示特殊镇静钢（Z 和 TZ 标注时省略）。例如，Q235—A·Z 表示屈服点为 235MPa 的 A 级镇静钢。

常用碳素结构钢在汽车上的应用见表 1.4。

表 1.4 常用碳素结构钢在汽车上的应用

牌号	应 用 举 例
Q235—A	传动轴中间轴承支架、发动机支架、后视镜支架、油底壳加强板等
Q235—A·F	机油滤清器法兰、发动机连接板、前钢板弹簧夹箍、后视镜支架等
Q235—B	同步器锥盘、差速器螺栓锁片、驻车制动操纵杆棘爪和齿板等
Q235—B·F	消声器后支架、放水龙头手柄持架、百叶窗叶片等

(2) 优质碳素结构钢。其化学成分和机械性能均得到严格保证，杂质元素硫、磷的含量少，热处理后机械性较好，常用于制造较为重要的汽车零件。

优质碳素结构钢按含锰量的不同，分为普通含锰量的优质碳素结构钢（含锰量小于 0.8%）和较高含锰量的优质碳素结构钢（含锰量为 0.7%~1.2%）。较高含锰量的优质碳素结构钢的应用范围和同牌号的优质碳素结构钢的基本相同，但其强度较高，可用于制造受力较大的零件。

根据国家标准 GB 699—1999《优质碳素结构钢》规定，优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，这两位数字表示钢的平均含碳量的万分之几。例如，45 钢表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。较高含锰量的优质碳素结构钢则在其牌号后面标出“Mn”。例如，15Mn 表示含碳量为 0.15%，含锰量在 0.7%~1.2% 之间的优质碳素结构钢。

优质碳素结构钢中的低碳钢，强度和硬度不高，但是塑性、韧性以及焊接性能良好，常用于制造各种冲压件、焊接件和强度要求不高的零件，如发动机底壳、油箱、车身外壳、离合器盖、变速叉、轮胎螺栓和螺母等。中碳钢具有较高的硬度，切削性能良好，经过热处理后有良好的综合机械性能，常用于制造受力较大的汽车零件，如曲轴齿轮、飞轮齿轮、万向节叉、离合器从动盘、连杆等。高碳钢具有高的强度、硬度和良好的弹性，常用于制造各种弹性件和耐磨件，如气门弹簧，离合器压盘弹簧、活塞销卡簧、空气压缩机阀片、弹簧垫圈等。

常用优质碳素结构钢在汽车上的应用见表 1.5。



表 1.5 常用优质结构碳素钢在汽车上的应用

牌号	应 用 举 例
08	驾驶室外壳、油底壳、油箱、离合器等
15	轮胎螺栓和螺母、发动机气门罩、离合器调整螺栓、曲轴箱调整螺栓等
20	离合器分离杠杆、风扇叶片、驻车制动等
35	曲轴正时齿轮、半轴螺栓锥形罩、机油泵齿轮、连杆螺母、汽缸盖定位销等
45	气门推杆、同步器锁销等
50	离合器从动轴
65Mn	气门弹簧、转向纵拉杆弹簧、离合器压盘弹簧、活塞销卡簧、拖曳钩弹簧等

(3) 铸钢。是可将钢液直接浇注成零件毛坯的碳钢。汽车上的一些零件形状复杂，难以制造成切削加工的零件，用铸铁铸造又难以达到较高的性能要求，此时可以用铸钢铸造。

铸钢的含碳量一般为 0.2%~0.6%。铸钢具有较好的机械性能、良好的焊接性能，但铸钢的铸造性能并不理想。

根据国家标准 GB/T 5613—1995《铸钢牌号表示方法》规定，铸钢的牌号用“ZG”加“数字—数字”的格式表示，第一组数字表示该牌号铸钢屈服强度的最低值，第二组数字表示其抗拉强度的最低值。例如，ZG200—400 表示最低屈服点为 200MPa，最低抗拉强度为 400MPa 的铸钢。

常用铸钢在汽车上的应用见表 1.6。

表 1.6 常用铸钢在汽车上的应用

牌号	应 用 举 例
ZG 270—500	机油管法兰、化油器活接头、车门限制器的限制块等
ZG 310—570	进排气歧管压板、风扇过度法兰、前减振器下支架、变速叉、启动爪
ZG 340—640	齿轮、棘轮等

1.3.1.2 合金钢

汽车上的一些受力复杂的重要零件，如变速器齿轮、半轴和活塞销等，如果采用碳素钢制造，并不能满足其性能要求。因此，在汽车制造中还广泛采用了合金钢，典型合金钢制造的汽车零件如图 1.4 所示。

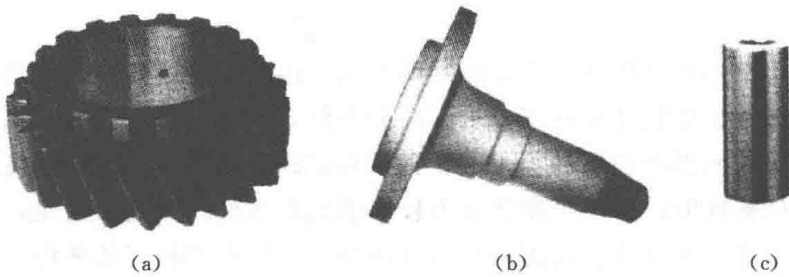


图 1.4 典型合金钢制造的汽车零件
(a) 变速器齿轮；(b) 半轴；(c) 活塞销



合金钢就是在碳素钢的基础上,为了改善钢的性能,在冶炼时有目的地加入一些合金元素而成的钢。常用的合金元素有硅(Si)、锰(Mn)、铬(Cr)、镍(Ni)、钨(W)、钼(Mo)、钒(V)、硼(B)、铝(Al)、钛(Ti)、和稀土金属(RE)等。

合金钢和碳素钢相比有许多优点,例如,在一定的热处理条件下具有较高的强度和硬度,同时又具有较好的塑形和韧性,即具有良好的综合机械性能,即具有良好的耐磨性,还有耐腐蚀、耐高温性等特殊性能。但是合金钢炼制成本高、价格昂贵、焊接和热处理工艺比较复杂。

1. 钢的热处理简介

为了改善钢的性能,一方面,可以调节钢的化学成分,加入合金元素形成合金钢;另一方面,可以对钢进行热处理。所谓热处理就是将钢在固态下加热,保温和冷却,以改善其组织和性能的一种工艺方法。热处理可以分为普通热处理和表面热处理两大类。

(1) 普通热处理。就是用加热、保温和冷却的方法来改变钢的组织 and 性能的热处理方法。按其热处理和冷却方法的不同,有退火、正火、淬火和回火等热处理工艺。

1) 退火。就是将钢件加热到一定温度,保温一定时间后随炉缓慢冷却的热处理工艺。退火主要用来消除铸件、锻件等的内应力,以防止变形和开裂;均匀组织,细化晶粒,改善钢的机械性能;降低钢的硬度,改善切削加工性能等。如用来处理铸造的汽缸盖等。

2) 正火。就是将钢件加热到一定温度,保温一定时间后在空气中冷却的热处理工艺。正火主要用来处理低碳钢、中碳钢零件,使组织细化,减少内应力,提高钢的强度和韧性。如用来处理钢连杆毛坯等。

3) 淬火。就是将钢件加热到一定温度,保温一定时间后在冷却介质中快速冷却的热处理工艺。淬火主要用来提高钢的硬度和刚度,但淬火会引起内应力,使钢变脆。所以淬火后必须回火。如用来处理喷油嘴、调速器轴等。

4) 回火。就是将淬火后的钢件加热到临界温度以下某一温度,保持一定时间后冷却的热处理工艺。回火主要用来消除淬火后钢的脆性和内应力,提高钢的塑性和韧性,几乎所有的淬火零件都需回火处理。

(2) 表面热处理。在交变载荷、冲击载荷及强烈摩擦条件下的零件,如汽车传动齿轮、活塞销等,要求表面具有高硬度和耐磨性,而芯部要有足够的塑性和韧性,为了达到这种要求,需要采用表面热处理的方法来实现。常用钢的表面热处理方法有表面淬火和化学热处理。

1) 表面淬火。就是仅对工作表面进行淬火的热处理工艺。按加热方法不同,主要有火焰加热表面淬火和感应加热表面淬火两种,常用来处理齿轮的轮齿表面、曲轴的轴颈表面等。

2) 化学热处理。化学热处理就是用一定的工艺将碳、氮等元素渗入工件表面,以改变其化学成分和组织结构,从而改善其表面性能的热处理工艺。按渗入元素不同,主要有渗碳、渗氮和碳氮共渗等方法。渗碳主要用于低碳钢和低合金钢,如传动齿轮、活塞销和十字轴等;渗氮主要用于含铝、铬、钼等的中碳合金钢,如排气阀等;碳氮共渗的适用范围较广,如齿轮、蜗杆和轴类零件等。

2. 合金钢的分类和牌号

(1) 合金钢的分类。