



“十四五”职业教育国家规划教材



扫描二维码
共享立体资源

汽车材料
(第二版)

汽车材料

(第二版)

工作页式教材

中国汽车工程学会汽车应用与服务分会组织编写

总主编 朱军 弋国鹏
主编 黄朝慧 唐鹏

总主编 朱军 弋国鹏
主编 黄朝慧 唐鹏

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车材料 / 黄朝慧, 唐鹏主编. —2 版. —北京:
北京出版社, 2020.9 (2023 重印)

ISBN 978-7-200-16019-2

I. ①汽… II. ①黄… ②唐… III. ①汽车—工程材
料—高等学校—教材 IV. ① U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 209230 号

汽车材料 (第二版)

QICHE CAILIAO (DI-ER BAN)

主 编: 黄朝慧 唐 鹏

出 版: 北京出版集团
北京出版社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总 发 行: 北京出版集团

经 销: 新华书店

印 刷: 定州启航印刷有限公司

版 印 次: 2020 年 9 月第 2 版 2023 年 7 月修订 2023 年 7 月第 2 次印刷

成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米

印 张: 15

字 数: 288 千字

书 号: ISBN 978-7-200-16019-2

定 价: 45.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393



▶ 学习工作页 ▽

学习单元一 认识汽车材料	2
学习任务一 认识组成汽车的常用材料	2
学习任务二 认识汽车材料的物理性能	4
学习任务三 认识汽车材料的化学性能	5
学习任务四 认识汽车材料的力学性能	7
学习单元二 认识钢铁材料	9
学习任务一 认识金属的晶体结构与结晶	9
学习任务二 认识铁碳合金	11
学习任务三 认识碳素钢及钢的热处理	13
学习任务四 认识合金钢	15
学习任务五 认识铸铁	17
学习单元三 认识汽车有色金属及其合金	19
学习任务一 认识铝及铝合金	19
学习任务二 认识铜及铜合金	21
学习任务三 认识滑动轴承合金	22
学习任务四 认识其他有色金属	24
学习单元四 认识汽车典型零部件的选材	26
学习任务一 分析汽车零件的失效方式	26
学习任务二 选择汽车零件材料	28
学习任务三 选用汽车典型零部件的金属材料	30
学习单元五 认识汽车的高分子材料	32
学习任务一 认识汽车的橡胶材料	32
学习任务二 认识汽车的塑料材料	34
学习任务三 认识汽车的涂装材料	35
学习任务四 认识汽车的胶黏剂	37
学习单元六 认识汽车的化工材料	39
学习任务一 识别与选用汽车的燃料	39
学习任务二 识别与选用汽车的润滑材料	40
学习任务三 识别与选用汽车工作液	42
学习单元七 认识汽车的其他材料	44
学习任务一 识别汽车的陶瓷材料	44
学习任务二 认识汽车的复合材料	46
学习任务三 认识汽车的摩擦材料	47
学习任务四 认识汽车的美容材料	49

▶▶▶ 学习参考

学习单元一 认识汽车材料	52
学习任务一 认识组成汽车的常用材料	52
学习任务二 认识汽车材料的物理性能	54
学习任务三 认识汽车材料的化学性能	57
学习任务四 认识汽车材料的力学性能	58
学习单元二 认识钢铁材料	64
学习任务一 认识金属的晶体结构与结晶	64
学习任务二 认识铁碳合金	71
学习任务三 认识碳素钢及钢的热处理	75
学习任务四 认识合金钢	94
学习任务五 认识铸铁	103
学习单元三 认识汽车有色金属及其合金	110
学习任务一 认识铝及铝合金	110
学习任务二 认识铜及铜合金	114
学习任务三 认识滑动轴承合金	119
学习任务四 认识其他有色金属	121
学习单元四 认识汽车典型零部件的选材	126
学习任务一 分析汽车零件的失效方式	126
学习任务二 选择汽车零件材料	132
学习任务三 选用汽车典型零部件的金属材料	137
学习单元五 认识汽车的高分子材料	145
学习任务一 认识汽车的橡胶材料	145
学习任务二 认识汽车的塑料材料	151
学习任务三 认识汽车的涂装材料	154
学习任务四 认识汽车的胶黏剂	157
学习单元六 认识汽车的化工材料	159
学习任务一 识别与选用汽车的燃料	159
学习任务二 识别与选用汽车的润滑材料	171
学习任务三 识别与选用汽车工作液	193
学习单元七 认识汽车的其他材料	209
学习任务一 认识汽车的陶瓷材料	209
学习任务二 认识汽车的复合材料	213
学习任务三 认识汽车的摩擦材料	217
学习任务四 认识汽车的美容材料	219
参考文献	227

XUEXI 学习工作页
GONGZUOYE



学习任务一 认识组成汽车的常用材料

任务描述

某汽车发生交通事故，车身遭受比较大的损伤，被救援车拖回汽车修理厂进行损伤部位的损伤分析，车主看见车身材料有的是用很薄的铁皮制成、有的是用各种颜色的塑料制成、有的是用各种皮质或布料制成，因而认为汽车存在严重的质量问题，该车主认为车身材料应该使用金属制成。经技术人员耐心细致的讲解，加之车主查阅各种技术资料，最终同意修理厂利用原厂的配件对汽车进行损伤件的更换，并完成钣金喷涂维修。

学习目标

- (1) 知道材料性能与作用的重要性。
- (2) 熟悉汽车材料的分类和名称。
- (3) 掌握常见材料的主要功能和应用。
- (4) 了解汽车用材料的发展、技术应用与社会生活的关系。
- (5) 培养解决问题的思路和方法，培养爱国情怀。



学习准备

- (1) 学生已经对职场工具使用、机械基础等课程进行了系统的学习。
- (2) 实验车辆台架、投影机等教学工具，理实一体化实训场所。
- (3) 汽车的生产、使用说明书。
- (4) 汽车生产公司的网页。
- (5) 职场健康与安全的法律、法规。
- (6) 汽车材料、材料成形工艺等书籍。



计划与实施

通过对实际车辆的观察和拆解，分析汽车零件或者总成上所用到的材料的外观、颜色、功能，从而引到对不同材料特性的讨论，对汽车材料的分类进行讲解，再回归到汽车车身结构上，指出哪些部位用到的是什么材料，并结合汽车零部件的结构特点分析该材料生产工艺，完成学习任务单。



评价与反馈

教师和学生可以从小组学习、学习用书、教学方法、学习方法、学习鉴定五个方面来开展互评、自评，反馈学习成果。教师也可以根据教学中的具体情况，自己设计评估问卷，进行教学评估，监控教学质量。

学习任务单

姓名	班级	学号	时间
1. 经过本任务的学习和老师讲解，把你在实践过程中知道的汽车零部件名称和所用的材料写下来。			
2. 查询资料，了解车身都有哪些材料，为什么要用这些材料。给客户作合理解释。			
成绩:	教师:	日期:	

学习任务二 认识汽车材料的物理性能

任务描述

某汽车在运行过程中，发动机冷却液温度表显示水温过高，来到修理厂后，技术人员检测后发现冷却风扇皮带老化、表面有很多裂纹、松动且弹性不足，于是对风扇皮带进行更换，试车后发现水温正常，故障排除。

学习目标

- (1) 知道材料的导电性、导热性、光学性能、导磁性等物理性能。
- (2) 能够说出不同类别材料基本物理特性的差异。
- (3) 以材料物理性能为基础，具备进行选材的基础能力。
- (4) 理解工匠精神在工程建设中的重要意义。
- (5) 通过对材料物理性能的认识，培养选材能力，落实科教兴国战略。



学习准备

- (1) 学习学习参考中的学习任务二——认识汽车材料的物理性能。
- (2) 学生已经对职场工具使用、机械基础等课程进行了系统的学习。
- (3) 实验车辆台架、投影机等教学工具，理实一体化实验室。
- (4) 汽车的生产、使用说明书。
- (5) 汽车生产公司的网页。
- (6) 职场健康与安全的法律、法规。
- (7) 汽车材料、金属工艺学、材料力学等书籍。



计划与实施

通过对不同材料样品进行比较和试验，学习不同种类的材料在物理特性上，包括重量、体积、密度、电阻、导热、导磁性的差异，从而学习不同汽车零部件对材料的导电性、导热性、光学性能和导磁性的要求，从而理解在实现汽车零部件物理功能上的区别，并完成任务二的学习任务单。

评价与反馈

教师和学生可以从小组学习、学习用书、教学方法、学习方法、学习鉴定五个方面来开展互评、自评，反馈学习成果的教学评估。教师也可以根据教学中具体情况，自己设计评估问卷，进行教学评估，监控教学质量。

学习任务单

姓名	班级	学号	时间
1. 材料的物理性质有哪些？除了本任务所学的，你还能举出一些吗？			
2. 在下面写出本任务实验中不同试块物理性质的对比结果。			
3. 根据汽车材料物理性能的变化特点，给客户作“风扇皮带老化、表面有很多裂纹、松动且弹性不足，对风扇皮带进行更换”的合理解释。			
成绩：	教师：	日期：	

学习任务三 认识汽车材料的化学性能

任务描述

某汽车在运行过程中，发动机冷却液温度表显示水温过高，来到修理厂后，技术人员检测后发现发动机出水管上有冷却液渗漏的痕迹，拆下出水管后发现有明显的锈蚀痕迹，管壁变薄，冷却液中有大量的金属锈渣，对出水管进行更换并清洗冷却系统，试车后发现水温恢复正常，故障排除。

学习目标

- (1) 知道材料的耐腐蚀性含义。
- (2) 了解材料的老化与稳定性。
- (3) 了解材料的老化问题和耐有机溶剂性。
- (4) 认识汽车上不同材料的化学特性。
- (5) 提高科学素养，助力“中国梦”的实现。



学习准备

- (1) 学习学习参考中的学习任务三——认识汽车材料的化学性能。
- (2) 学生已经对职场工具使用、机械基础等课程进行了系统的学习。
- (3) 实验车辆台架、投影机等教学工具、理实一体化实验室。
- (4) 汽车的生产、使用说明书。
- (5) 汽车生产公司的网页。
- (6) 职场健康与安全的法律、法规。
- (7) 汽车材料、金属工艺学、材料力学等书籍。



计划与实施

通过对实际车辆零部件的物理和外观状态观察,对比汽车上生锈、腐蚀和老化的汽车零部件,分析其老化和腐蚀过程,掌握材料在产生化学性能变化过程中表现出来的特征,从而理解材料化学性能的内涵。



评价与反馈

教师和学生可以从小组学习、学习用书、教学方法、学习方法、学习鉴定等五个方面来开展互评、自评,反馈学习成果的教学评估。教师也可以根据教学中的具体情况,自己设计评估问卷,进行教学评估,监控教学质量。

学习任务单

姓名	班级	学号	时间
1. 在车辆上找出锈蚀、老化的零件,写在下面,并分析原因。 2. 防止零件腐蚀的措施有哪些? 3. 根据汽车材料化学性能的变化特点,给客户作“出水管发现有明显的锈蚀痕迹,管壁变薄,冷却液中有大量的金属锈渣,对出水管进行更换并清洗冷却系统”的合理解释。			
成绩:	教师:	日期:	

学习任务四 认识汽车材料的力学性能

任务描述

某汽车发动机在运行的过程中，有“咣咣”的敲缸声音，且发动机运转无力、油耗增加。送修理厂拆卸检查后发现，该发动机的连杆发生较大的弯曲变形，导致活塞与气缸发生偏磨使活塞与气缸的间隙过大而产生异响，并且油耗也增加，发动机运转无力。连杆经校正，发动机大修后，故障消除。

学习目标

- (1) 熟悉常见的材料力学性能特点（强度、塑性、硬度、疲劳性能等）。
- (2) 进行金属材料的拉伸试验，掌握强度、弹性、塑性、断裂的含义。
- (3) 了解硬度的分类和疲劳的概念。
- (4) 以机械性能为基础，能够从零件受载形式分析，提出需要满足的性能，再进行选材。
- (5) 认识力学规律，理解辩证唯物主义认识论，增强文化自信。



学习准备

- (1) 学习学习参考中的学习任务四——认识汽车材料的力学性能。
- (2) 学生已经对职场工具使用、机械基础等课程进行了系统的学习。
- (3) 实验车辆台架、投影机等教学工具，理实一体化实验室。
- (4) 汽车的生产、使用说明书。
- (5) 汽车生产公司的网页。
- (6) 职场健康与安全的法律、法规。
- (7) 汽车材料、金属工艺学、材料力学等书籍。



计划与实施

以汽车发动机气缸盖上的螺栓为例，进行力学性能的学习，了解零件的工作状态和要求，进行低碳钢和铸铁的拉伸试验对比，要求学生对常见钢铁材料的标准试样进行拉伸试验，绘制拉伸曲线，从试验过程中学习强度、弹性变形、塑性变形和断裂等常见的力学性能指标及其概念，进而学习材料硬度和疲劳过程。通过讨论汽车上其他

类型材料的零件为例,分析其力学性能,培养学生根据工况初步选材的能力。

评价与反馈

教师和学生可以从小组学习、学习用书、教学方法、学习方法、学习鉴定等五个方面来开展互评、自评,反馈学习成果的教学评估。教师也可以根据教学中具体情况,自己设计评估问卷,进行教学评估,监控教学质量。

学习任务单

姓名	班级	学号	时间
1. 请将拉伸试验的相关数据写入下表中:			
试验材料		加载时间	
试样尺寸		屈服载荷	
断后尺寸		最大载荷	
计算断后伸长率		计算屈服强度	
计算断面收缩率		计算抗拉强度	
2. 请在下面拉伸曲线上填写相关数据:			
3. 根据汽车材料的力学性能,给客户作“发动机的连杆发生较大的弯曲变形,导致活塞与气缸发生偏磨使活塞与气缸的间隙过大而产生异响,并且油耗也增加,发动机运转无力”的合理解释。			
成绩:	教师:	日期:	

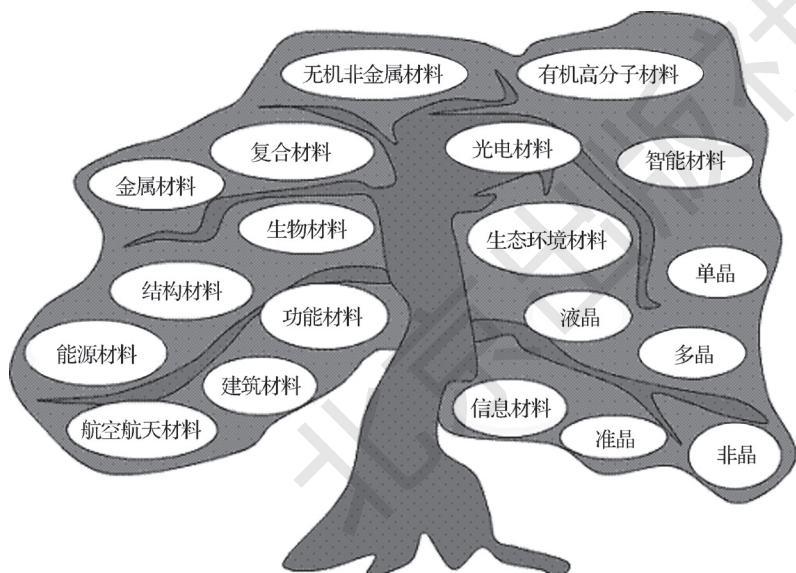
XUEXI **学习参考**
CANKAO



学习任务一 认识组成汽车的常用材料



相关知识



汽车材料的重要作用



汽车上常见的几种材料

图 1-1 材料的多样性

你曾经思考过一辆汽车是用什么做的吗？公路上奔驰的汽车可以适应各种路况和环境，都是与构成它的材料密不可分。我们知道组成汽车的很多部分比如发动机、变速箱、座椅、空调系统等，但是却很少去思考生产这些的零部件的原料是什么。

汽车工业使用不同的材料用于汽车的生产 and 制造，包括钢、铝合金、塑钢、玻璃、橡胶、石油、铜、铸铁等，这些材料几十年来在不断地发展与进步，变得更加成熟，更加容易制造，也更加安全，它们是随着汽车制造技术的进步而不断变化的。

下面介绍汽车中最常见的五种类型的材料。

一、钢

在现代汽车中，大部分的重量都来自于钢材。例如，轿车的平均车重为 1.36 吨，

而皮卡或 SUV 用到钢材约为 1.81 吨。汽车中钢材用于制造车身骨架和底盘结构，在碰撞中能够起到很好的保护作用。在现代汽车制造中，不同类型和强度的钢材已经能够准确用于不同的汽车零部件，并且这些零件在溃缩变形过程中吸收碰撞的能量，让汽车的安全系数极大地提高。

二、塑料

现在汽车中使用大量的塑料材料，因为塑料易成型、成本低、原料丰富、容易制造各种形状，将近 50% 的汽车结构件都用到了塑料材料。汽车仪表板、方向盘、旋钮、开关、空调出风口、门把手、地毯、安全带、安全气囊等很多地方都用到了塑料，甚至一些细小零件如发动机内部油尺上的手柄也是用塑料制造的。因为塑料质地较轻，它也越来越多地用于车体和发动机的制造。

三、铝合金

车身质量占汽车总质量的 40% 左右，对于汽车的轻量化而言，车身的轻量化起着举足轻重的作用。著名咨询公司达科国际（Ducker Worldwide）公司研究数据表明，欧洲汽车平均用铝量自 1990 年已经翻了三倍，由 50 kg 增长到目前的 151 kg，并将在 2025 年增长到 196 kg，铝合金常用于制造汽车轮毂，越来越多的铁制发动机壳体逐渐被铝合金取代，用铝合金打造的汽车车身也已经出现，如讴歌 Acura NSX、奥迪 Audi R8 等。

四、橡胶

所有的汽车都需要轮胎，它也是行车安全的最大保障，汽车制造业的发展极大地促进了橡胶工业发展，世界上约 75% 的天然橡胶是用于生产汽车轮胎的。不同类型的橡胶轮胎可以保证行车的舒适性和燃油经济性，直接关系到汽车的运输成本。另外，其他一些重要部件，如雨刮器、减震垫、密封圈、软管和皮带等也是由橡胶制成的，它具有良好的弹性和成型性等特征，且成本低，在汽车上得到广泛的运用。

五、玻璃

玻璃材料在汽车上最主要的用途是制造挡风玻璃，可以防止眩光和起到保护车内乘员安全的作用，目前汽车前挡风玻璃以夹层钢化玻璃和夹层区域钢化玻璃为主，能承受较强的冲击力。现在玻璃材料也用于汽车导航仪屏幕、倒车可视镜头，另外，玻璃纤维也用来做汽车上的绝缘材料。

信息栏：汽车常用制造材料分为金属材料和非金属材料。金属材料如碳钢、合金钢（包括弹簧钢、滚动轴承钢、不锈钢、耐热钢等）、铸铁、有色金属（如铝、镁、锌及其合金）等。非金属材料如塑料、橡胶、复合材料、陶瓷和汽车安全玻璃等。



学习拓展

材料物理性能宏观表现的微观本质

金属中的自由电子在外电场作用下会沿着电场方向做定向运动,形成电流,从而显示良好的导电性。而靠离子键或共价键结合的非金属晶体,由于没有自由电子存在,故无这种特性。又如,因金属中正离子是以某一固定位置为中心做热振动的,对自由电子的流通就有阻碍作用,这就是金属具有电阻的原因。随着温度的升高,正离子振动的振幅加大,对自由电子通过的阻碍作用也会加大,因而金属的电阻是随着温度的升高而增大的,即具有正的电阻温度系数。

此外,由于自由电子的运动和正离子振动可以传递热能,因而使金属具有较好的导热性。当金属发生塑性变形(即晶体中原子发生了相对位移)后,正离子与自由电子间仍能保持金属键的结合,使金属显示出良好的延展性。因为金属晶体中的自由电子能吸收可见光的能量,故使金属具有不透明性。吸收能量而跳到较高能级的电子,当它重新跳回到原来低能级时,就把所吸收的可见光的能量以电磁波的形式辐射出来,在宏观上就表现为金属的光泽。

学习任务二 认识汽车材料的物理性能



相关知识

一、材料的基本物理性能

材料的物理性能是由材料的物理本质所决定的性能,是材料在热、电、磁、光等作用下通过材料的物理本质所表现出的不同性能,如外观、质地、颜色、气味、熔点、溶解度、极性、热膨胀性、导电性、磁性、导热性等。金属材料、无机非金属材料、高分子材料等表现出不同的物理性能,如材料热稳定性只对无机非金属材料有意义,导电热敏效应只对半导体材料有意义等(图1-2)。

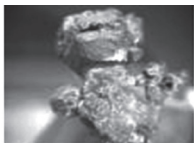
汽车用材料的发展
趋势汽车材料常见的物理
性能水
D=1g/mL铜
D=8.92g/mL银
D=10.5g/mL

图 1-2 不同材料的质量和体积都不一样

二、材料的导电性

不同的材料导电性不一样。材料的电阻与材料本性、尺寸等有关，与材料的长度成正比，与材料的截面积成反比（图 1-3）。因此，根据材料的电阻特性，将材料分为导体、半导体和绝缘体。

材料的导电性与环境温度、受力变形过程都有关系。金属导电性一般随温度升高而降低，而半导体导电性随温度升高而升高。半导体在一定条件下会处于不导电状态而成为绝缘体。而材料在一定条件下（温度、磁力、压力），电阻会突然消失，这种状态叫超导状态。

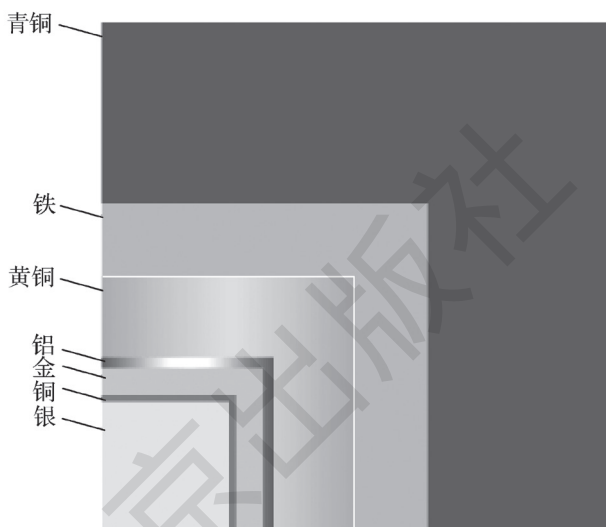


图 1-3 不同材料在相同导电能力条件下所需的尺寸

三、材料的导热性

各种材料都是在一定温度环境下使用的，在使用过程中不同的材料会对不同温度做出不同的反应，表现出不同的热处理性能。如环境温度变化时，材料膨胀或收缩，吸收或放出热量等（图 1-4）。

温度升高，材料内能增加，如果发生膨胀，还将对外做功，这个跟材料的热容有关。

当材料相邻部分存在温度差时，热量会从温度高的区域自动流向温度低的区域，这个过程叫热传导。在汽车应用上，有时希望材料的导热性越差越好，如隔热材料、保温材料等，有时希望材料的导热性越良越好，如散热器材料、电子信息材料等。



图 1-4 材料有导热性

四、材料的光学性能

当光进入到材料的时候速度降低，会产生折射光和反射光。由于陶瓷、玻璃等材

料反射损失严重,为了减少这种损失,常采用折射率和玻璃相近的胶将它们粘起来,这样大大减少了界面的反射损失。

光线透过材料会产生消耗,如吸收损失和散射损失,这样材料的透光性就会降低,因此有的材料透明,有的不透明。同时,材料表面的光洁度决定了反射的光线是镜面反射还是漫反射(图 1-5)。

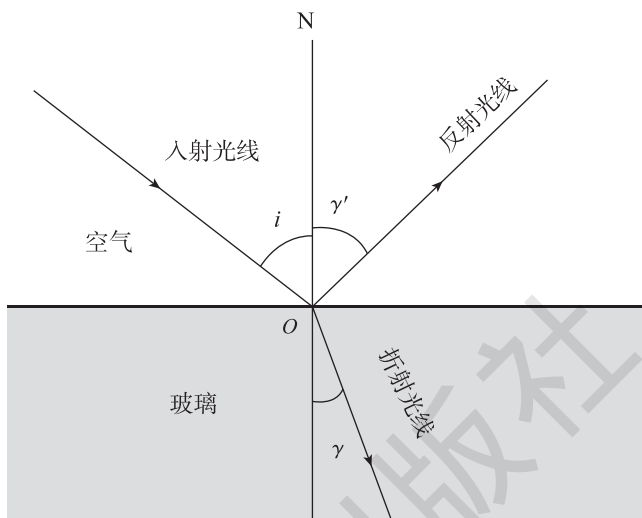


图 1-5 材料的反射和折射

五、材料的导磁性

物质在磁场中会被磁化,不同的材料所引起的磁场变化并不一样,如空气会使磁场略有增强,而铁会使磁场强烈增强(磁铁吸引铁块),铜则会使磁场减弱(图 1-6)。

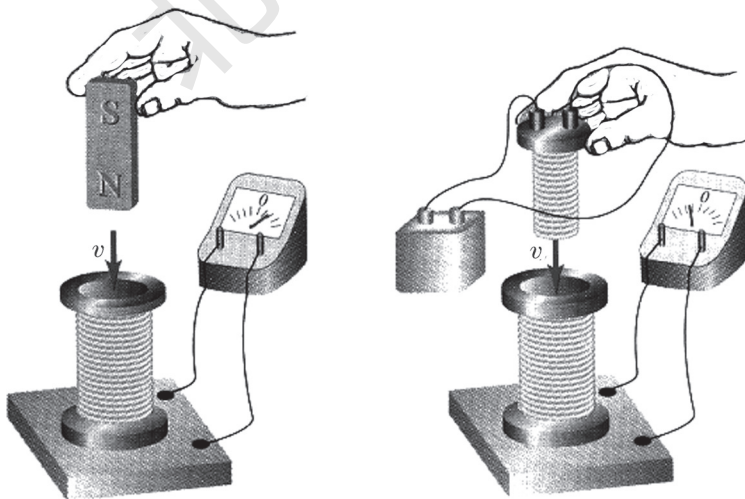


图 1-6 材料的磁场和电磁感应

学习任务三 认识汽车材料的化学性能



相关知识

在汽车零件中，常见的材料与其产生化学性能的特点如图 1-7 所示。

一、材料的耐腐蚀性

材料的腐蚀是随处可见的自然现象，尤其是金属材料的腐蚀更为普遍和严重。材料的腐蚀是由于环境介质作用于材料或零件本身，使之产生“质”的变化，是一种自发的现象。很多时候，金属构件的腐蚀是有害的，比如有的汽车使用几年之后，排气管会锈蚀贯穿；潮湿的空气，会使汽车漆面划痕很快就生锈等。

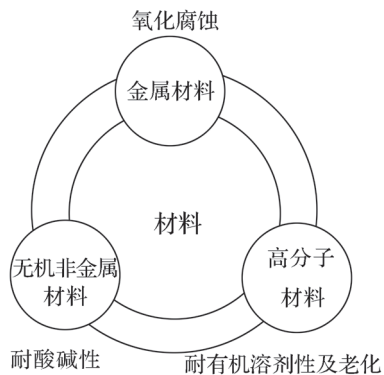


图 1-7 材料的化学性能

信息栏：锈蚀的破坏作用：钢材锈蚀 1%，它的强度就要降低 5%~10%。据统计，每年由于金属腐蚀造成的钢铁损失占当年钢产量的 10%~20%。金属腐蚀事故引起的停产、停电等间接损失就更无法计算。

根据腐蚀产生的原因，一般分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种。

(1) 化学腐蚀：金属表面直接与化学物质作用而引起的破坏。腐蚀过程中，电子的传递直接在金属与氧化剂（如氧化物、硫化物等）之间进行，因此没有电流产生。

(2) 电化学腐蚀：金属表面与电解质溶液（如大气、海水、土壤、酸碱溶液等）发生电化学反应引起的破坏。因此，会存在阳极和阴极反应，有电流的存在（图 1-8）。

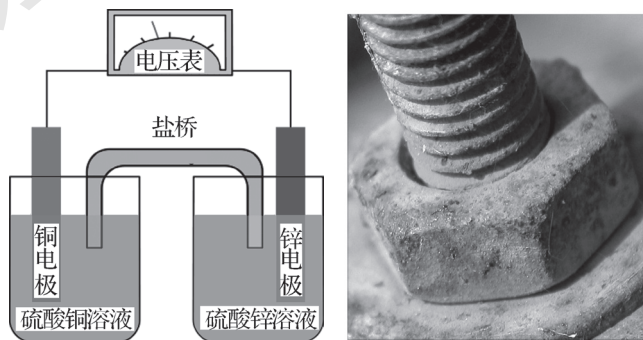


图 1-8 材料的电化学腐蚀过程

二、材料的钝化现象

钝化是使金属表面转化为不易被氧化的状态，而延缓金属的腐蚀速度的方法。金属由于介质的作用（如硝酸银、氯酸等强氧化剂）生成的具有致密的结构腐蚀产物，形成了一层薄膜（往往是看不见的），紧密覆盖在金属的表面，改变了金属的表面状

态，使金属电化学腐蚀的阳极反应急剧下降，而成为耐蚀的钝态。

工业上往往利用钝化的现象对金属预先进行钝化处理，起到防锈的作用，如图 1-9 所示。

钝化处理与涂抹防锈油最主要的区别是生成产物不一样。防锈油是利用油膜封闭金属表面的气孔达到隔离氧气而有效防止生锈的作用，是一种名副其实的物理方法，油膜比较容易随着生产的进行而被清除、破坏；而钝化是利用钝化液中的氧化性物质与金属产生氧化还原反应，在金属表面生成一层金属的氧化化合物，达到有效保护金属的目的，这一过程属于化学反应，产生的钝化膜致密、完整，不易被破坏。



图 1-9 经过 2560 小时盐雾试验后，钝化处理的螺栓（左）和普通电镀螺栓（右）的区别

这一过程属于化学反应，产生的钝化膜致密、完整，不易被破坏。

三、材料的老化与稳定性

高分子材料在储存、使用过程中，在各种热、光照、潮湿等环境因素的影响下，性能会下降，直到失效，如出现斑点、银纹、粉化或者颜色光泽的变化都是材料老化的现象。材料老化后，其强度、导电性等都会逐渐下降，从而造成事故的发生。

如汽车内饰件塑料的脆化、橡胶的龟裂等都是不可恢复的老化过程，这个过程中高分子材料发生了降解和交联结构的反应。为了使材料变得更加稳定，可以在生产中添加稳定剂或采用物理的办法进行防护。

信息栏：高分子材料的老化是指在加工、储存和使用过程中，受化学结构的影响，在光、热、氧、高能辐射、气候、生物等因素的综合作用下，使其失去原有性能而丧失使用价值的过程（即物理、化学性质和机械性能变坏的现象）。

学习任务四 认识汽车材料的力学性能



相关知识

一、拉伸试验中表现出来的力学性能特点

在汽车零部件的设计和制造过程中，大多数是以选用材料的力学性能为主要依据的，而力学性能是指材料在外力作用下所表现出来的性能。从材料的受力过程来看，

最常见的就是受到某一个方向的静载荷拉伸或压缩，在这个过程中，会发生弹性变形、塑性变形和断裂的过程，这也是汽车零部件三种最常见的失效形式。下面以汽车发动机气缸盖上的螺栓为例进行分析，金属螺栓起连接紧固作用，主要承受缸盖的拉力及冲击，我们来看一下常见的力学性能指标。

1. 变形和应力

大多数工件在工作或加工过程中都要承受外力或负载的作用。材料受到载荷作用而产生的几何形状和尺寸的变化而变形，甚至断裂。一般分为弹性变形和塑性变形两种。

材料受外力作用时，为保持其不变形，在材料内部作用着与外力相对抗的内力，而金属在受到拉伸或者压缩时，其单位横截面上的内力叫作应力。

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2, \text{ 常用 MPa 作为单位})$$

2. 强度

材料在静载荷作用下，抵抗变形或断裂的能力称为强度，一般用应力来表示。我们通过螺栓试样的拉伸试验过程，来了解屈服强度和抗拉强度的概念。

从图 1-10 我们可以看出，随着拉伸过程的不断进行，螺栓开始较快伸长直到 e 点，这段时间是弹性变形，然后出现一个短的平台 AC ，达到 C 点后，力由 F_s 先增大到最高点 F_b 然后下降到 F_k 点，随即拉断。 B 点以后的过程都是塑性变形。

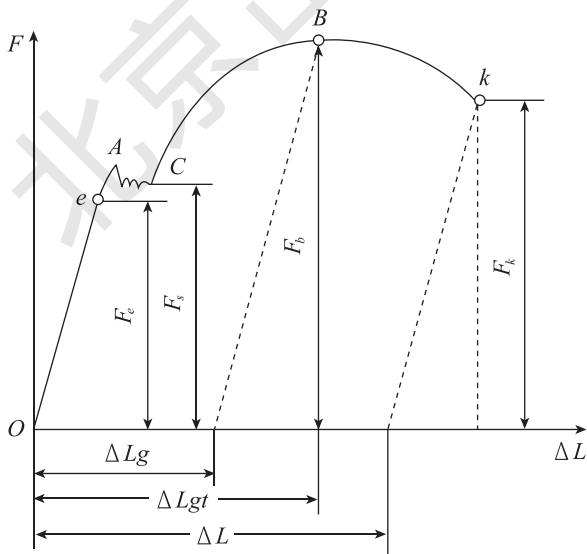


图 1-10 低碳钢应力-伸长曲线

在工程上， F_s 和 F_b 是我们设计和选材的两个重要指标，它们是对材料力学行为和工艺性能的大致度量，我们把 F_s 叫作屈服强度、 F_b 叫作抗拉强度。零件在使用过程中，受到的力不能超过抗拉强度，否则会发生零件断裂的安全事故。

3. 塑性

断裂前材料产生永久变形的能力称为塑性。一般用断后伸长率 δ 和断面收缩率 ϕ 来表示, 它们都可以通过拉伸试验获得。

$$\delta = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (\Delta L \text{ 为伸长量, } L_0 \text{ 为原始长度})$$

$$\phi = \frac{\Delta S}{S_0} \quad (\Delta S \text{ 为截面收缩量, } S_0 \text{ 为原始截面积})$$

有的材料塑性好, 有的不怎么变形就断裂了, 也决定了其加工方法, 如钢的塑性好, 可以拉成钢丝; 铸铁的塑性差, 一般用来铸造零件。因此, 我们要根据材料的塑性情况来合理选材 (图 1-11~ 图 1-14)。

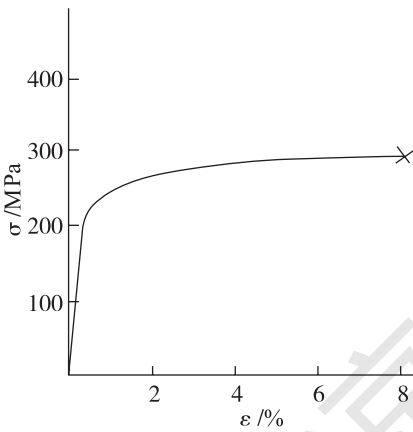


图 1-11 某铝合金拉伸曲线

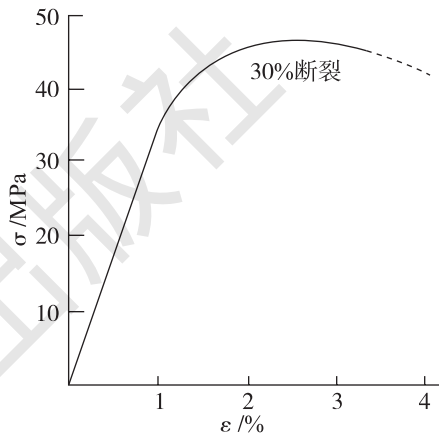


图 1-12 高分子材料 (聚氯乙烯树脂 PVC) 拉伸曲线

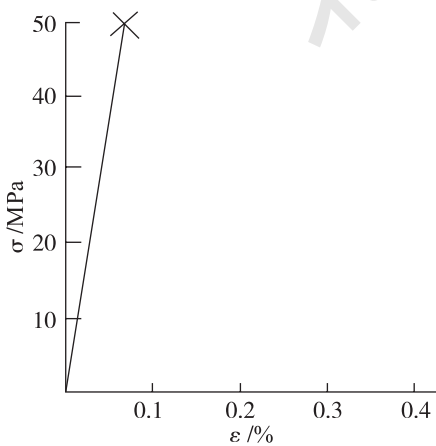


图 1-13 某种玻璃拉伸曲线

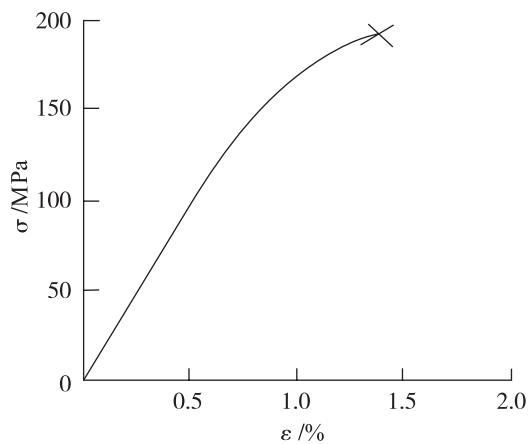


图 1-14 某复合材料 (含玻璃纤维的聚酯) 拉伸曲线

4. 断裂

前面提到，材料在外力作用下除了会产生变形行为之外，还会进一步出现断裂现象。断裂是固体材料在力的作用下分成若干部分的现象。根据断裂前发生塑性形变的情况，分为韧性断裂和脆性断裂两种。

韧性断裂在断裂前和断裂过程中经历了明显宏观塑性变形，而脆性断裂在断裂前没有明显的宏观塑性变形，没有明显的迹象，发生过程往往是突发的、快速断裂过程，从图 1-15 的拉伸曲线可以看出来，韧性断裂过程和脆性断裂过程有明显的差异，因此脆性断裂具有很大的危险性。

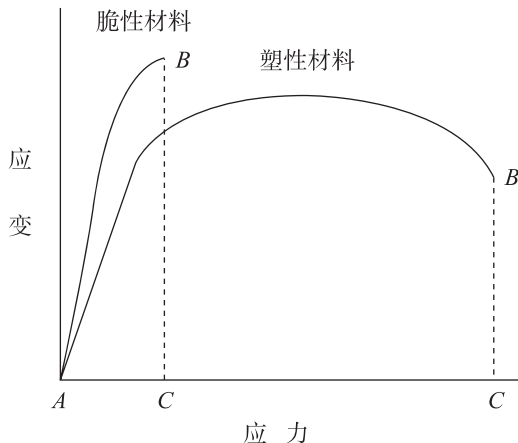


图 1-15 韧性断裂和脆性断裂曲线

信息栏：1912 年号称永不沉没的豪华游轮泰坦尼克号（Titanic）沉没于冰海中。究竟是什么因素导致这艘巨轮沉没？1995 年 2 月美国《科学大众》（Popular Science）杂志发表了 R Gannon 的文章，标题是《What Really Sank The Titanic》，指出早年的 Titanic 号采用了含硫高的钢板，韧性很差，特别是在低温环境下呈脆性，解开了长达 80 年未解之谜。

信息栏：一般来说，金属材料具有良好的强度和塑性，但耐腐蚀性较差；高分子材料具有重量轻、抗腐蚀等优点，但强度不高，还会发生老化现象；陶瓷材料有很高的硬度，很高的耐磨性和抗腐蚀性，但脆性大，不易加工成型。

二、材料的硬度

硬度是评价各种零件和工具必须具备的性能指标，各种材料都要具有一定的硬度，才能保证其使用性能和寿命。因此，硬度是金属材料重要的力学性能之一。

材料抵抗局部变形特别是塑性变形、压痕和划痕的能力称为硬度。硬度可以间接地反映材料的强度及化学成分、组织和制造工艺上的差异，且硬度试验简便易行，应用十分广泛。

表示硬度的方法有很多，最常用的有布氏硬度（HBS/ HBW）、洛氏硬度（HR）和维氏硬度（HV）三种，其中洛氏硬度应用最广。它们各有各的特点，应该根据零件材料、表面形态和测试效率进行合理选择（表 1-1）。

表 1-1 三种硬度的特点和适用范围

硬度比较	布氏硬度	洛氏硬度	维氏硬度
适用范围	较软的材料, 如灰铸铁、有色金属、退火 / 正火 / 调质钢	软 / 硬材料, 如淬火钢或工具钢	任何金属材料
优点	压痕大, 数值准确	测量简单, 压痕小	测量镀层 / 薄片 / 化学热处理表面硬度可靠
缺点	对测量表面损伤大, 不适用于成品 / 薄片金属	对测量表面损伤小, 但要多次测量, 取平均值	需计算或查表, 效率相对较低

三、材料的疲劳性能

与之前我们学习拉伸试验中的静载荷不同, 汽车中很多机构和零件在服役时是承受变动的载荷, 如曲轴、连杆、齿轮、弹簧等, 它们的失效形式主要是经过一段服役时间过后的疲劳断裂, 据统计, 在零件断裂失效中, 由于疲劳失效的事件占 80% 以上 (图 1-16)。

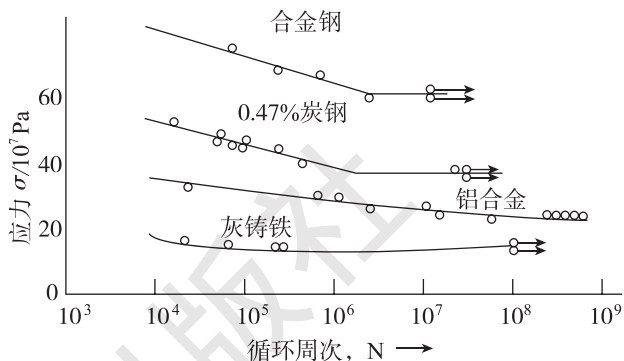


图 1-16 几种金属材料的交变应力-循环周次曲线

这些零件受到的是随时间周期性变化的力, 我们称为交变应力。在低于材料的屈服强度的交变应力的作用下, 经过较长时间的工作后产生裂纹或者完全断裂的现象称为疲劳。

一般发生疲劳破坏的工件断裂时并没有明显的宏观塑性变形, 断裂之前没有预兆, 而是突然破坏, 这也增加了疲劳破坏的危险性。产生疲劳的主要原因是材料本身的夹杂、划痕等细小缺陷在应力作用之下逐渐扩展, 直到突然断裂。因此为了表示某种材料对周期应力的承受能力, 我们用疲劳极限来表示。交变应力循环至无限次而试样仍不破损时的最大应力叫疲劳极限。实际上对黑色金属来说一般取 10^7 次, 有色金属一般取 10^8 次进行试验测量。

信息栏: 通过喷丸、表面滚压使表面产生残余压应力, 则可以抵消工作载荷下的拉应力, 这对提高表面疲劳强度是很有效的。例如, 汽车钢板弹簧通过喷丸处理使表面产生残余压应力, 可显著提高钢板的疲劳强度。

四、材料的工艺性能及经济性能

工艺性能是指材料在成型过程中, 对某种加工工艺的适应能力, 它是决定材料能否进行加工或者如何加工的重要因素。材料工艺性能的优劣, 会直接影响机械零件的工艺方法、加工质量、制造成本等。按照工艺方法的不同, 材料常见的工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能等, 如图 1-17 所示。

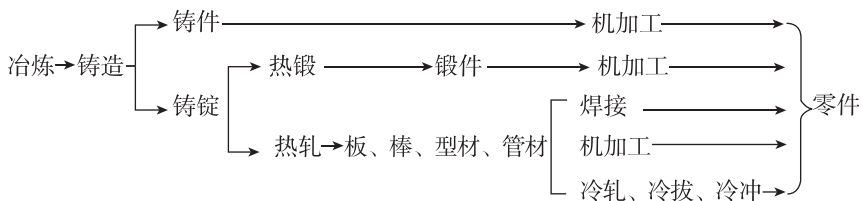



图 1-17 金属材料的加工工艺性能

汽车上使用的材料要满足一定的使用性能和要求，在此前提下，选用零件的材料应该尽量选用价格便宜、经济性较好的材料，这样才能降低零件的总成本，如表 1-2 所示。

表 1-2 金属材料的相对价格表

材料	相对价格	材料	相对价格
碳素结构钢	1	碳素工具钢	1.4~1.5
低合金结构钢	1.2~1.7	低合金工具钢	2.4~3.7
优质碳素结构钢	1.4~1.5	高合金工具钢	5.4~7.2
易切削钢	2	高速钢	13.5~15
合金结构钢	1.7~1.9	铬不锈钢	8
铬铁合金结构钢	3	铬铁不锈钢	20
滚动轴承钢	2.1~2.9	普通黄铜	13
弹簧钢	1.6~1.9	球墨铸铁	2.4~2.9

 学习拓展

两个常用名词的区别

1. 钢和铸铁拉伸过程的区别

低碳钢属于塑性材料，拉伸过程中有明显的屈服阶段，有明显的颈缩阶段（又称断裂阶段）。断口截面要小于实际截面，截面不平整，断口呈金属光泽。铸铁属于脆性材料，拉伸过程中没有明显的屈服阶段，没有明显的颈缩阶段。原因是前者是塑性材料，后者是脆性材料。塑性材料受拉要经过弹性阶段、屈服阶段以及强化和颈缩阶段（破坏前形状变化比较明显）；而脆性材料受拉时没有上述过程，破坏前没有明显的塑性变形，突然断裂。

2. 力 - 伸长曲线和应力 - 应变曲线的区别

力 - 伸长曲线是根据实验数据直接作出来的图，横纵坐标分别为拉力和杆长。而应力 - 应变曲线已将实验数据进行了处理，不用考虑试件的尺寸及形状，更具有普遍性。因此，应力 - 应变曲线的含义更加丰富，包括拉伸曲线。拉伸曲线就是仅在拉应力作用下的应力应变曲线。应力 - 应变曲线除了拉伸曲线，常用的还有加载卸载曲线（研究塑性）、蠕变曲线、应力松弛曲线、复杂加载或比例加载等其他加载形式的曲线。这通常是弹性力学的研究范围，而在材料力学中最常用的就是拉伸曲线。