

T 实用技术

汽车实用技术



汽车材料

张 蕾 编



科学出版社
www.sciencep.com

汽车实用技术

汽车材料

张 蕾 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面系统地介绍汽车工程材料、汽车运行材料、汽车美容材料。全书共 11 章,内容包括金属材料的性能及组织结构、常用金属材料、非金属材料、汽车零件的选材及工艺路线分析、汽车燃料、汽车润滑材料、汽车工作液、汽车轮胎、汽车美容材料等。本书图文并茂,实用性强,具有较高的参考价值。

本书可作为车辆工程专业、汽车运用工程专业、汽车检测与维修专业等汽车工程类专业教材,并可供汽车工业部门、汽车运输部门的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料/张蕾编. —北京:科学出版社,2009

(汽车实用技术)

ISBN 978-7-03-025507-5

I. 汽… II. 张… III. 汽车-工程材料 IV. U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 158299 号

责任编辑:张莉莉 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时捷彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 10 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 10 月第一次印刷 印张: 16

印数: 1—5 000 字数: 292 000

定 价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

汽车实用技术丛书编委会

主 委	编	张 蕾			
	员	董恩国	黄 玮	童敏勇	高婷婷
		高鲜萍	张玉书	邢艳云	刘晓锋
		闫光辉	陈 越		

前 言

随着我国汽车工业的发展,以及国外各类车型进入我国市场,汽车新工艺、新材料更新加快,对汽车设计与制造行业、汽车服务行业的人才要求也相应提高。

为了帮助汽车相关专业的学生以及汽车使用与维修人员全面系统地掌握现代汽车材料的应用及新工艺等方面的内容,作者根据多年的教学实践、科学研究,并参阅大量的文献、资料和专著,编写了《汽车材料》,力求全面、整体、系统地介绍有关汽车材料的基本知识、性能指标、使用常识。本书注重基本知识的学习,将汽车材料与汽车安全、节能、环保的发展方向密切联系,追求内容的新颖性、实用性。本书图文并茂、通俗易懂,具有知识的系统性、完整性、科学性。在内容的选择和章节的安排方面,突出鲜明、准确的原则。书中不仅详尽介绍各种新型的汽车工程材料及使用、维护的方法,而且还对汽车运行材料、汽车美容材料进行详细阐述。

本书由天津工程师范学院张蕾担任主编。第2~4章由天津工程师范学院孙奇涵编写,第5~6章由辽宁工业大学陈淑英编写,第1章、第7~10章由天津工程师范学院张蕾编写,第11章由天津交通职业学院王芳编写。

由于编者水平所限,难免存在不足之处,诚望读者批评和指正。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 汽车工程材料	1
1.2 汽车运行材料	3
1.3 汽车美容材料	5
思考题	6
第 2 章 金属材料的性能	7
2.1 机械性能	7
2.1.1 强 度	8
2.1.2 塑 性	10
2.1.3 硬 度	11
2.2 物理性能	15
2.3 化学性能	17
2.4 工艺性能	18
2.4.1 铸造性能	18
2.4.2 锻压性能	18
2.4.3 焊接性能	18
2.4.4 切削加工性能	19
2.4.5 冲压成型性能	19
思考题	19
第 3 章 金属材料的组织结构	21
3.1 纯金属的晶体结构与结晶	21
3.1.1 晶体结构的基本概念	21
3.1.2 金属晶格的基本类型	23
3.1.3 实际金属的晶体	24
3.1.4 实际金属的结构	25
3.1.5 金属的结晶	29
3.2 合金的晶体结构及结晶	31
3.2.1 合金的基本概念	31
3.2.2 合金的结构	32
3.3 铁碳合金组织与铁碳合金相图	33

3.3.1 铁碳合金的基本组织	33
3.3.2 铁碳合金状态图分析	34
3.3.3 铁碳合金的分类	36
3.3.4 典型铁碳合金结晶过程分析	37
3.3.5 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	41
思考题	42
第4章 常用金属材料	43
4.1 钢	44
4.1.1 碳素钢	44
4.1.2 合金钢	57
4.2 铸铁	66
4.2.1 铸铁的组织与性质	66
4.2.2 灰铸铁	68
4.2.3 可锻铸铁	71
4.2.4 球墨铸铁	72
4.2.5 蠕墨铸铁	74
4.2.6 合金铸铁	75
4.3 铸 钢	76
4.4 有色金属及其合金	77
4.4.1 铝及铝合金	77
4.4.2 铜及铜合金	81
4.4.3 滑动轴承合金	83
4.4.4 其他有色金属	85
4.5 粉末冶金材料	87
思考题	89
第5章 非金属材料	91
5.1 高分子材料	91
5.1.1 高分子材料的特性	91
5.1.2 塑 料	93
5.1.3 橡 胶	99
5.1.4 胶粘剂	103
5.1.5 涂 料	106
5.2 陶瓷材料	110
5.2.1 陶 瓷	111
5.2.2 玻 璃	116
5.3 复合材料及摩擦材料	120
5.3.1 复合材料	120

5.3.2 摩擦材料	122
思考题	124
第6章 汽车零件的选材及工艺路线分析	125
6.1 零件的失效分析	125
6.1.1 失效的概念	125
6.1.2 常见的失效形式与成因	126
6.2 零件的选材原则及步骤	128
6.2.1 选材原则	128
6.2.2 选材步骤	128
6.3 零件毛坯的选择	132
6.4 典型汽车零件的选材	133
6.4.1 轴类零件的选材	133
6.4.2 齿轮类零件的选材	135
6.4.3 汽车板簧类零件的选材	137
6.4.4 箱体类零件的选材	138
6.5 常见汽车零件的选材	139
6.5.1 汽车结构零件的选材	139
6.5.2 汽车冷冲压零件的选材	142
思考题	143
第7章 汽车燃料	145
7.1 石油的基本知识	145
7.1.1 石油的组成	145
7.1.2 石油产品和润滑剂的分类	146
7.2 车用汽油	149
7.2.1 汽油的使用性能	149
7.2.2 车用汽油的选用	154
7.2.3 汽车燃油节能添加剂	155
7.3 车用轻柴油	157
7.3.1 轻柴油的使用性能及其评价指标	157
7.3.2 轻柴油的选用	166
7.4 汽车新能源	166
7.4.1 甲醇汽油混合燃料	166
7.4.2 车用乙醇汽油	169
7.4.3 天然气燃料	171
7.4.4 液化石油气	173
7.4.5 氢气	175
7.5 燃料管理和安全使用	178

思考题	182
第 8 章 汽车润滑材料	185
8.1 发动机润滑油	185
8.2 汽车润滑脂	193
8.3 车辆齿轮油	200
思考题	204
第 9 章 汽车工作液	205
9.1 汽车制动液	205
9.2 汽车液力传动油	207
9.3 汽车其他工作液	211
9.3.1 发动机冷却液	211
9.3.2 汽车减震器油	213
9.3.3 制冷剂	214
9.3.4 冷冻油	217
思考题	219
第 10 章 汽车轮胎	221
10.1 轮胎的原材料	221
10.2 汽车轮胎的规格	224
10.3 汽车轮胎的合理使用	226
思考题	232
第 11 章 汽车美容材料	233
11.1 汽车美容的分类	233
11.2 汽车美容用品	234
11.2.1 车身美容用品	234
11.2.2 车身漆面处理材料	239
11.2.3 汽车装饰材料	241
11.2.4 汽车防护产品	243
思考题	245
参考文献	246

第 1 章

绪 论

汽车材料是指汽车生产及运行过程中所用到的材料。按照用途一般可分为汽车工程材料、汽车运行材料和汽车美容材料等。

1.1 汽车工程材料

1. 金属材料

汽车应用的金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料两大类。黑色金属材料包括钢和铸铁。汽车的钢铁材料占汽车总质量的 80% 左右, 有色金属材料占 3%~4.7%。虽然塑料和铝的用量逐年提高, 但是相对有色金属和塑料而言, 由于钢铁具有成本低、强度高、加工难度小、生产工艺成熟、容易回收再利用等优点, 使它成为汽车制造的最重要的材料。近年来, 有色金属材料在汽车制造业中应用的范围越来越广泛。

1) 黑色金属材料

按照是否含有合金元素分类, 钢可分为碳素钢和合金钢。碳素钢按照冶炼质量又可分为普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢。合金钢包括合金结构钢、合金工具钢和特殊性能合金钢。根据钢材在汽车中的加工成型方法和应用部位, 可分为特殊钢和钢板。特殊钢是指具有特殊用途的钢, 汽车发动机和传动系统的许多零件均使用特殊钢制造, 如弹簧钢、渗碳钢、调质钢、非调质钢、齿轮钢、易切削钢、不锈钢等。钢板在汽车制造中占有重要的地位, 轿车钢板用量占全车钢材消耗量的 70% 左右, 载货汽车的钢板用量占 50% 左右。按加工工艺分类, 钢板可分为冷冲压钢板、热轧钢板、涂镀层钢板等。

铸铁由于价格低廉, 并具有良好的铸造性能、切削加工性能、耐磨性能等优点, 被广泛用于汽车制造业。随着铸造和热处理技术的发展, 汽车中许多零件采用铸铁制造, 这样既可以降低成本, 又可以保证使用效果。近几年, 合金铸铁和球墨铸

铁制造的凸轮轴,在某些性能方面甚至优于钢制的凸轮轴。

2) 有色金属材料

有色金属由于具有材质轻、导电性好等特性,在汽车制造上的用量逐年上升。有色金属包括铝、镁、钛等材料。铝、镁、钛合金材料是实际应用中最轻的金属结构材料,是现用所有金属材料中密度最小的轻金属材料(例如镁的密度只有 $1.174 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,比钢约小 77 %,比铝合金约小 36 %,比锌合金约小 73 %),因而成为汽车减轻重量、提高节能性和环保性的首选材料。另外,铝、镁、钛合金材料还具有比强度和比刚度均高、易加工成型、阻尼减振性和电磁屏蔽性强、废料易回收等特点。由于铝、镁、钛合金材料的特性适应全世界对汽车安全、节能和环保越来越高的要求,受到了汽车制造业的高度重视。

2. 非金属材料

1) 高分子材料

在汽车制造业中,采用高分子材料制造零部件是国内外发展的又一趋势,主要有以下原因:一是在部件设计方面提供了广泛的自由空间;二是能减轻质量、降低成本;三是可将多项功能集中于同一个零部件上。因此近年来高分子材料已由内外装饰件向车身结构件和覆盖件方向发展。例如汽车发动机罩、保险杠、仪表盘、挡泥板、行李厢盖、顶盖、车门内护板和某些车身骨架构件等,甚至有些大型汽车制造公司正在用复合材料制造车架。

液晶聚合树脂具有高屈服特性和高温特性,用其制成的薄壁件不易变形。并且摩擦系数小,不必周期性地加润滑油,因而提高了零件的使用寿命。它最初被用在汽车照明系统,如车灯的灯罩,现在应用于汽车转向器、点火器等部件。

纳米塑料具有强度高、耐热性强、密度小的物理性能,并且纳米粒子尺寸小于可见光的波长,因此纳米塑料可以显示出良好的透明度和较高的光泽度。这样的纳米塑料在汽车上将会有广泛的用途。

2) 陶瓷材料

汽车用陶瓷大致可分为结构材料和功能材料。结构陶瓷因具有良好的综合性能:低密度、低膨胀系数、高耐蚀性、高耐磨性、隔热性好,能大幅度地提高热机效率、降低能耗,达到轻量化的效果。目前,已广泛用于制造发动机和热交换器零件。此外,结构陶瓷还被用来制造切削工具、轴承等。功能陶瓷主要是利用其磁性、压电性、绝缘性、介电性、半导体等特性,主要用于传感器,此外,还用于某些导电材料、陶瓷加热器、显示装置等。陶瓷传感器在温度传感器、位置传感器、速度传感器、气体传感器、湿度传感器等元件中应用广泛。

3) 复合材料

复合材料具有比强度高、比模量高、抗疲劳性能好等诸多优点。复合材料的各个组成材料在性能上起协同作用,具有单一材料无法比拟的综合性能。其具有质量轻、刚度大、强度高特点,可根据使用条件进行设计与制造,以满足各种特殊用途,从而极大程度地提高工程结构的性能。因此,复合材料性能适合车身轻量化的

要求,降低油耗。传统的汽车车身材料主要以薄钢板为主,为减轻其质量、改善风阻系数和降低油耗,许多汽车制造厂都积极研究和利用新材料。汽车质量减少 50kg,1L 燃油可增加 2km 的行驶距离;若质量减少 10%,燃油经济性可提高 5.5%。随着新型材料研究的不断深入,以及复合材料制造技术的不断突破,复合材料在车身轻量化进程中的作用必将更加突出。此外,复合材料还广泛应用于前后护板、保险杠、钢板弹簧、驱动轴等部件的设计与制造。

4) 摩擦材料

汽车摩擦材料是汽车制动器、离合器和摩擦传动装置中的主要材料,它将汽车运动的动能转化为热能和其他形式的能量。因此,它的性能好坏直接关系系统运行的可靠性和稳定性。随着各发达国家汽车工业的发展和现代社会人们的环保意识的不断提高,对摩擦材料的运行条件和性能的要求也越来越高,包括要有稳定的摩擦系数,动、静摩擦系数之差小;要有良好的导热性、较大的热容量和高温机械强度;要有良好的耐磨性和抗黏着性、无噪声、低成本,对环境无污染等。

如今,国内外广泛开展了芳纶、钢纤维/芳纶、矿物纤维、植物纤维等增强型摩擦材料的开发。从发展方向看,钢纤维增强的无石棉半金属基摩擦材料将是主要的使用材料。

1.2 汽车运行材料

汽车运行材料已成为汽车技术的重要组成部分。汽车使用的燃料(汽油、柴油、替代燃料)、润滑剂(发动机润滑油、润滑脂、齿轮油)、工作液(制动液、冷却液、制冷剂)等统称为汽车运行材料。汽车运行材料关系到汽车的动力性、燃油经济性、操纵稳定性、行驶平顺性、制动安全性、排放性等性能。若汽车运行材料使用不当,汽车将出现早期损坏,造成资源浪费、环境污染。

1. 燃 料

目前,汽油仍是汽车使用的主要燃料,主要有 3 种牌号:90、93 和 97 号,执行 GB17930—2006《车用汽油》标准。抗爆性能良好的 90 号以上无铅汽油主要用于使用电控发动机的汽车。柴油车所用柴油执行 GB19147—2003《车用柴油》标准,主要有 10、5、0、-10、-20、-35、-50 等 7 种牌号。柴油的选用主要依据环境温度,柴油的凝点应比当地最低气温低 4~6℃。

随着汽车产量的激增,加剧了全球石油资源的短缺和生态环境的恶化。因此,开发研制石油替代燃料的重要性越来越突出。目前已应用的石油替代燃料主要有天然气、液化石油气、醇类燃料(甲醇汽油、乙醇汽油)等。石油替代燃料的主要优缺点及应用现状如表 1.1 所示。

2. 润滑剂

车用润滑剂包括发动机润滑油、齿轮油和润滑脂三种。

表 1.1 石油替代燃料的比较

代石油燃料	主要优点	主要缺点	现 状
氢气	1. 来源非常丰富; 2. 污染很小; 3. 辛烷值高,热值高	1. 生产成本高; 2. 气态氢能量密度小且储运不方便,液态氢技术难度大、成本高; 3. 需要开发专用发动机	仍处于基础研究阶段,制氢及储运技术有待突破
天然气	1. 资源丰富; 2. 污染小; 3. 辛烷值高; 4. 价格低廉	1. 建加气站网络要求投资大; 2. 气态天然气的能量密度小,影响续航里程等性能; 3. 与汽油车比动力性差; 4. 储运不方便	在许多国家获得广泛使用并被大力推广
液化石油气	1. 来源较为丰富; 2. 污染小; 3. 辛烷值较高	面临与天然气汽车相类似问题,但程度较轻	在世界范围内获得广泛使用并被大力推广
甲醇(乙醇)	1. 来源较为丰富; 2. 辛烷值高; 3. 污染较小	1. 甲醇的毒性较大; 2. 需解决分层问题; 3. 对金属及橡胶件有腐蚀性; 4. 冷起动性能较差	已获得一定程度的应用,可以作为能源的一种补充
二甲醚	1. 来源较为丰富; 2. 污染小; 3. 十六烷值高	面临与液化石油气类似的储运方面的问题	正在研究开发
生物质能	1. 来源丰富,可再生; 2. 污染小	1. 供油系部件易堵塞; 2. 冷起动性能较差	作为能源的一种补充应用于某些国家或地区

汽车是通过许多构件的相对运动实现整体功能的。固体之间的接触表面似乎很平整,但放大极细微部分就会发现固体表面处处凹凸不平,所以有运动就会有摩擦产生,用润滑剂可以减少固体表面之间的摩擦。润滑剂分为液态的润滑油、半固状态的润滑脂及固体润滑剂。

润滑油分为矿物油、合成油两大类,后者经过高技术的提炼获得,润滑功能较高,是大部分汽车采用的润滑油。合成油具有较高的黏度指数,随温度转变而产生的黏度变化很少,能起到适当的保护作用。它因氧化而产生酸质和油泥的趋势小,使用寿命长,在各种操作条件下都能对发动机提供适当的润滑和保护。

黏度是润滑油的最重要参数之一,润滑油分为 SAE 黏度和 ISO 黏度。润滑油的黏度与机械运动条件必须互相配合,黏度过高,摩擦力会增大,机械效率降低;反之,润滑油的黏度过低,油膜会破裂,引起零件表面烧结。

3. 工作液

1) 制动液

欧洲车辆主要使用 DOT4 和超级 DOT4 制动液;日本车辆主要使用 DOT3 和 DOT4 制动液;美国车辆使用的制动液级别相对较低,主要为 SAE J 1703 或 DOT3 制动液。

2) 冷却液

目前汽车主要使用乙二醇型冷却液。我国石化行业的 SH0521—1999《汽车及

轻负荷发动机用乙二醇型冷却液》标准中所属产品分为浓缩液和冷却液。浓缩液必须按规定比例添加蒸馏水或去离子水,需要控制乙二醇浓度的下限值(33.3%)和上限值(69%),而成品型冷却液则可直接使用。冷却液按冰点分为-25、-30、-35、-40、-45、-50等6个牌号,发动机选用的冷却液的冰点应至少低于当地最低气温5℃。

3) 空调制冷剂

汽车空调使用的制冷剂都是一种氟利昂,国际上用英文字母R来表示(取英文制冷剂Refrigerant的第一个字母)。汽车空调制冷剂目前主要有R12和R134a两种。目前所使用的汽车空调制冷剂R12对大气臭氧层有一定的破坏作用,根据《蒙特利尔协议》,发达国家从1996年开始禁用R12,发展中国家在2006年完全禁用R12,因此世界各国都在积极研制一种更适合环境保护的新制冷剂。目前一致公认R134a是R12的首选替代物,并基本上解决了空调系统的匹配和材料等一系列问题。

4. 轮 胎

轮胎除了承载车辆、人员、货物等必须的载荷之外,还要求具有良好的驱动性、制动性、转向灵活性以及冲击减振性等各种使用性能。因此,轮胎通常设计成一个充气压力容器形式的圆形滚动体,以纤维、金属作为骨架,将橡胶包覆在其内外,并长期保持压力密封的状态。实际上,轮胎就是一个用橡胶把纤维、金属完全固定黏合在一起的复合体。

橡胶是轮胎的主要制造材料,约为轮胎质量的45%~50%,与碳黑、硫化体系、防护体系等助剂一起占到轮胎质量的75%~80%。

1.3 汽车美容材料

汽车美容是一种全新的汽车养护概念,它源于西方发达国家,英文名称为“Car Care”或“Car Beauty”。现代汽车美容是在继承传统汽车美容的基础上,完善和发展起来的高技术汽车护理。它依托于传统汽车美容技术,但在新材料、新技术等领域又远远超出了传统汽车美容。汽车美容不仅仅是洗洗车、打打蜡这么简单。现代汽车美容是利用专业的美容系列产品和高科技的技术设备,采用特殊的工艺和方法,对车内外进行清洗,漆面增光、打蜡、抛光、镀膜及深浅划痕处理、发动机表面翻新、全车漆面美容等一系列养车护理,以达到“旧车变新、新车保值、延寿增益”的效果。

汽车美容是一项庞杂的系统工程,在数十年的发展完善过程中,其作业设备和美容用品已逐渐成熟,并且呈多样化、系列化。汽车美容材料常称为汽车美容用品,分为车身美容护理用品、车身漆面处理材料、汽车内饰清洁护理用品、汽车发动机清洁护理用品等几大系列。

思考题

1. 汽车材料按用途一般分为几大类?
2. 汽车金属材料都有哪些分类? 汽车非金属材料都有哪些分类?
3. 汽车运行材料包括哪些内容?
4. 汽车美容包括哪些内容?

第 2 章

金属材料的性能

一辆汽车约有两万多个零件,在这些零件中,使用了各种各样的金属材料。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指在正常使用条件下保证零件安全、可靠工作所必备的性能,其中包括材料的机械性能、物理性能、化学性能等。金属材料的使用性能决定了零件的使用范围和寿命。对于大多数金属材料,机械性能是最重要的使用性能。工艺性能是指材料的可加工性,包括锻造性能、铸造性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等。

2.1 机械性能

机械零件在使用过程中受到各种载荷的作用,材料在载荷作用下所反映出来的性能,称为机械性能。汽车零部件在使用过程中,必然受到各种外力的作用,如发动机上的连杆在工作时不仅受拉力、压力的作用,还要承受冲击力的作用。这些外力作用对材料有一定的破坏性,这就要求材料必须具有一种抵抗外力作用而不致被破坏的能力,这就是材料的机械性能。材料的机械性能是设计和制造汽车零件的重要依据,也是控制质量的重要参数。材料机械性能的基本指标及含义如表 2.1 所示。

表 2.1 常用机械性能的基本指标及含义

机械性能	性能指标			含 义
	符 号	名 称	单 位	
强度	σ_s	屈服强度(屈服点)	MPa	外力不增加仍能继续变形时的应力
	$\sigma_{0.2}$	条件屈服强度	MPa	试样产生 0.2% l_0 永久变形时的应力
	σ_b	抗拉强度	MPa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	δ	伸长率	%	标距的伸长量与原标距的百分比
	φ	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 2.1

机械性能	性能指标			含 义
	符 号	名 称	单 位	
硬 度	HBS HBW	布氏硬度	—	压痕球面表面积所承受的平均压力
	HRC HRB HRA	洛氏硬度	—	根据压痕深度来确定的硬度
韧性	α_k	冲击韧度	J/cm ²	冲击试样缺口单位横截面积的冲击吸收功
疲劳	σ_{-1}	疲劳强度	MPa	金属材料在经受无限多次交变载荷作用下而不发生疲劳断裂的最大应力

2.1.1 强 度

强度是指金属材料在载荷作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。按照载荷作用方式,强度可分为抗拉强度(σ_b)、抗压强度(σ_{bc})、抗弯强度(σ_w)、抗剪强度(τ_b)和抗扭强度(τ_t)五种类型。

金属材料的抗拉强度和塑性指标可以通过拉伸试验获得。拉伸试验的方法是用静拉力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长,直至试样断裂。根据测得的数据,可求出有关的机械性能。

1. 拉伸试验

按国家标准(GB6397—1986)规定,拉伸试验的试样有圆形和板状两类,其形状和尺寸、加工要求都有明确的规定。图 2.1 所示为圆形拉伸试样的示意图,有两种尺寸关系的规定,一种是 $l_0 = 10d_0$ 的长试样,另一种是 $l_0 = 5d_0$ 的短试样。图中 d_0 是试样的原始直径(拉伸试验前的直径); l_0 是试样拉伸试验前的标距长度,即试样计算时的有效长度; d_1 是试样经拉伸试验拉断后断裂处的直径; l_1 是试样被拉断后对接起来,标距拉长后的长度。

在拉伸试验时,将试样装夹在拉伸试验机上,缓慢加载,直至试样拉断为止。在拉伸过程中,需要记录载荷与伸长量之间的关系,并得出以伸长量为横坐标,载荷为纵坐标的图形,即拉伸曲线,图 2.1(b)为低碳钢的拉伸曲线。所谓拉伸曲线,是用试样拉伸试验时所记录的变形量 Δl 与载荷 F 数值并以变形量 Δl 为横坐标、载荷 F 为纵坐标所作的二者数值关系的图形曲线。

由图 2.1 可知,在拉伸过程中,低碳钢试样伸长量与载荷的关系分为以下几个阶段。

弹性变形阶段(Op 段):当载荷不超过 F_p 时,拉伸曲线 Op 为直线段,试样变形完全是弹性的,卸载后试样即恢复原状。这种随载荷的作用而产生,随载荷的去除而消失的变形称为弹性变形。 F_p 为能恢复原始形状和尺寸的最大拉伸力。

屈服阶段(pes 段):当载荷超过 F_p 时,若卸载后,试样的伸长只能部分恢复,而存在一部分残余变形。这种不能随载荷的消失而消失的变形称为塑性变形。当载