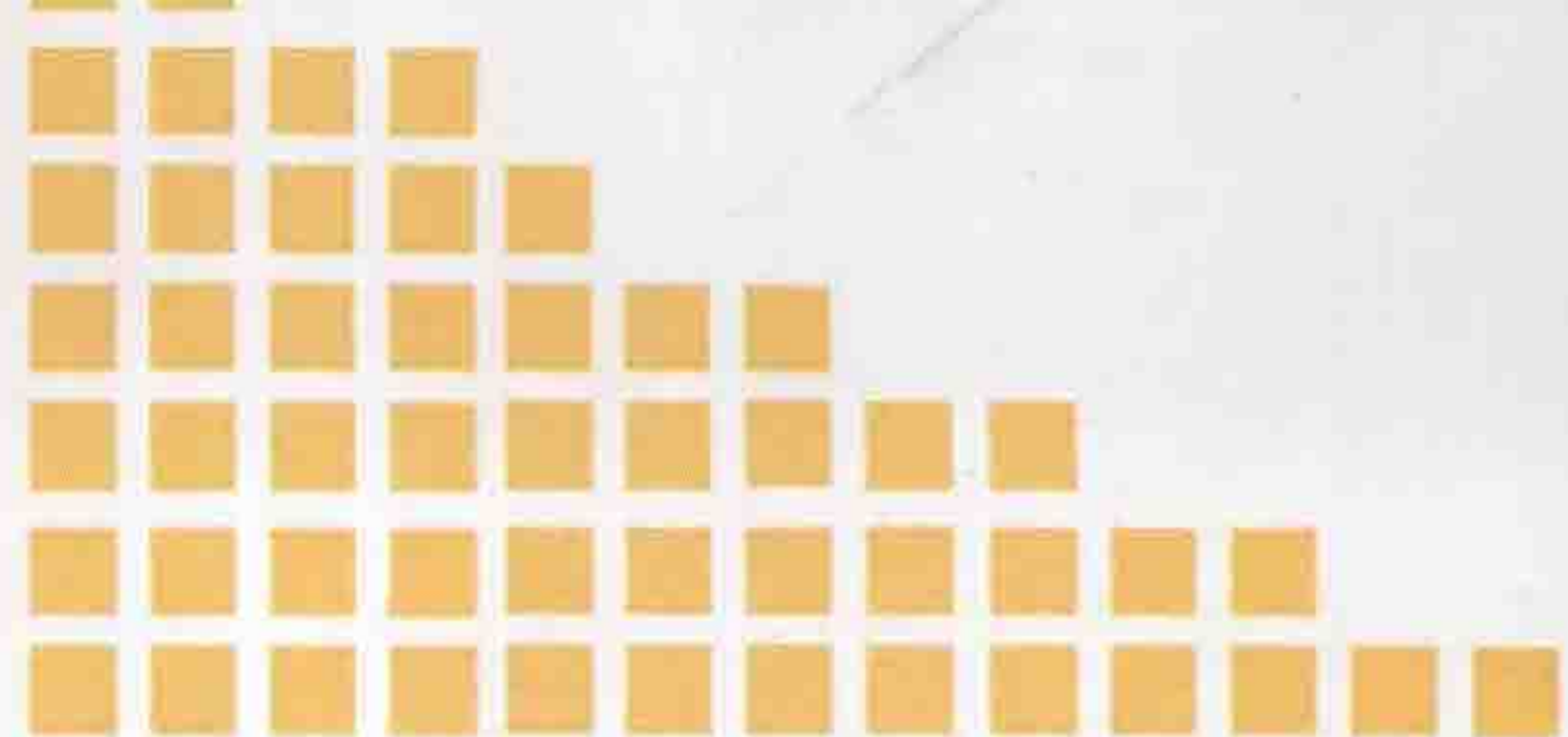




普通高等职业教育规划教材
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材



汽车材料与金属加工

QICHE CAILIAO YU JINSHU JIAGONG

组编 华汽教育

主编 白树全 高美兰

主审 张 涛



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



普通高等职业教育规划教材
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

汽车材料与金属加工

组 编 华汽教育
主 编 白树全 高美兰
副主编 王 红
主 审 张 涛



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书共分 13 章,全面系统地介绍了汽车制造材料、汽车运行材料、金属加工基础等知识。主要内容包括金属材料性能、金属的晶体结构与结晶、钢铁材料及其在汽车上的应用、有色金属及其在汽车上的应用、非金属材料及其在汽车上的应用,汽车燃料、汽车润滑材料、汽车工作液、汽车轮胎、铸造、锻压、焊接、金属切削加工等。

本书可供高职高专院校、成人高校、汽车培训学校的汽车类专业选用,也可供有关技术人员、汽车维修技师和汽车维修工参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料与金属加工/白树全,高美兰主编.--上海:
同济大学出版社,2011.8

普通高等职业教育规划教材.21 世纪卓越汽车应用
型人才培养专用教材

ISBN 978-7-5608-4616-3

I. ①汽… II. ①白…②高… III. ①汽车-工程
材料-高等职业教育②汽车-金属加工-高等职业教
育-教材 IV. ①U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 138309 号

普通高等职业教育规划教材
21 世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

汽车材料与金属加工

组编 华汽教育 主编 白树全 高美兰 副主编 王 红 主审 张 涛

责任编辑 陈佳蔚 责任校对 徐春莲 封面设计 庞 波 项目执行 陈佳蔚 周群飞

出版发行 同济大学出版社(www.tongjipress.com.cn 地址:上海市四平路 1239 号
邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟市大宏印刷有限公司

开 本 889 mm×1 194 mm 1/16

印 张 15.75

印 数 1—1 200

字 数 504 000

版 次 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4616-3

定 价 34.00 元

普通高等职业教育规划教材
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

专业建设指导委员会

顾问 李理光(同济大学)
洪亮(清华大学)
赵丽丽(中国汽车工程学会)
林海临(中国汽车工业国际合作总公司)

主任 刘大洪 邹晓东(中锐教育集团)

副主任 周肖兴 田洪雷(中锐教育集团)
王刚(无锡南洋职业技术学院)

委员(排名不分先后)

张元树 刘萌(武汉商业服务学院)
刘兴鼎 廖勇(重庆机电职业技术学院)
陈万强 李永刚(西安航空职业技术学院)
胡世明 丁继安(湖州职业技术学院)
陈焕文 尹立贤(湖南信息职业技术学院)
黄卫星 赵鹏飞(广东清远职业技术学院)
薛茂云(江苏经贸职业技术学院)
刘华(江西现代职业技术学院)
王茂元 周玉碧(包头职业技术学院)
姜军 任国庆(辽宁装备制造职业技术学院)
汤才 林惠华(广东工贸职业技术学院)
刘延明 罗显克(广西水利电力职业技术学院)
林韧卒 金武(牡丹江大学)
李新 孟德泉(四川管理职业学院)
夏令伟(无锡南洋职业技术学院)
吴荣辉(中锐教育集团)
沈冠东(中锐教育集团)
楼建伟(中锐教育集团)

普通高等职业教育规划教材
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

编审委员会

主任 李理光(同济大学)

副主任 (排名不分先后)

夏令伟 吴荣辉 沈冠东 席振鹏 徐 雷(中锐教育集团)

孙泽昌(同济大学)

朱西产(同济大学)

马 钧(同济大学)

左曙光(同济大学)

张执玉(清华大学)

王登峰(吉林大学)

李春明(长春汽车工业高等专科学校)

胡建军(中国汽车工程学会)

阚有波(安莱(北京)汽车技术研究院)

陆福民(中国重型汽车集团有限公司)

王小梅(中国高等教育学会)

编委 (排名不分先后)

朱 立(武汉商业服务学院)

李仕生(重庆机电职业技术学院)

宋继红(西安航空职业技术学院)

李天真(湖州职业技术学院)

梁旭坤(湖南信息职业技术学院)

张中明(成都农业科技职业学院)

李漫江(江苏经贸职业技术学院)

陈智钢 袁建新(江西现代职业技术学院)

白树全(包头职业技术学院)

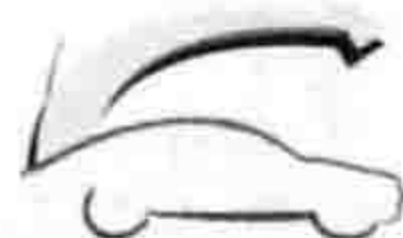
杨俊莲(辽宁装备制造职业技术学院)

梁建和(广西水利电力职业技术学院)

钟 平(牡丹江大学)

吴 斌(四川管理职业学院)

组 编 华汽教育



序

汽车产业是我国最重要的支柱产业之一,对国民经济的发展起着重要的作用。经过几代人的共同努力,20世纪90年代初,我国的汽车产业进入了前所未有的全面快速发展阶段。2009年,国内汽车产业实现了历史性跨越,以年产、销量均超1 000余万辆而居全球之首。

我们国家虽已成为汽车大国,但还远不是汽车强国。我们还没有大型国际化汽车公司,没有世界知名的自主汽车品牌,没有完全掌握汽车工业的核心技术,对国外汽车市场的开拓尚处于起步阶段。显然,要成为汽车强国,任重而道远。

汽车产业具有人才密集、资金密集、技术密集、装备集约化和生产规模化的特点。在这些产业要素中,专业人才具有极为重要的地位。无论是在汽车的研发、制造等汽车产业链的前端,还是在汽车的销售、应用、维修乃至报废处理等汽车产业链的后端,都需要大批具备基本理论知识、掌握现代汽车核心技术、具有熟练操作技能的工程技术人员和技术工人。

就汽车后市场而言,随着我国汽车产业的加速发展、汽车技术的不断进步、汽车社会保有量的持续增加,从事汽车技术服务与营销、汽车检测与维修的从业人员已日益增多,对高质量、高技能人才的需求仍将不断扩大,各类训练有素的高技能人才的短缺是不争的事实,这已引起全国上下的广泛关注。

开展多层次、多种形式的职业教育,加强从业人员的职前和职后培训,是解决汽车专业人才紧缺的有效途径。为此,许多高等职业院校增设了汽车专业,与汽车技术普及和提高相关的各类培训机构和技能鉴定机构亦大量涌现,职业教育呈现出良好的发展势头。然而,由于传统教学体制和教学理念的局限性,高等职业院校的专业建设水准与汽车产业发展的实际需要还有很大差距;各类培训机构也同样面临提高培训质量的问题。诚如教育部“教高[2006]16号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》”中所指出的,“随着我国走新型工业化道路、建设社会主义新农村和创新型国家对高技能人才要求的不断提高,高等职业教育既面临着极好的发展机遇,也面临着严峻的挑战”。显然,提高教育质量和技能培训质量是当前高等职业教育面临的最大挑战。

教材建设是高等职业院校专业建设的基石,是人才培养计划得以成功的必要条件,是提高高等职业教育质量的重要保障。为认真贯彻党的十七大会议精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训的指导思想,同济大学出版社联合上海中锐教育集团旗下的华汽教育、无锡南洋职业技术学院以及与中锐教育集团合作开办汽车相关专业的全国15所高等职业院校,在总结近几年教学经验的基础上,组织编撰了“普通高等职业教育规划教材·21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材”丛书。

为了做好教材的组编工作,编撰人员深入探讨了国内高等职业院校的特点和教学规律,对德国、美国、日本等7个发达国家的汽车职业教育进行了多次考察,同时结合中锐教育集团为汽车生产厂商开发企业内部培训课程的经验,力求在“因材施教、学以致用”上有所突破;力求在“淡化学科分类、突出综合



应用”上有所突破;力求在高等职业院校教材的内容、体例、风格上有所突破。

本丛书是为培养高素质、高技能紧缺人才而编写的,为此组建了以高等院校、高等职业技术学院、汽车工程学术组织、汽车技术研究机构、汽车生产企业、汽车经销服务企业、汽车维修行业协会、汽车流通行业协会以及汽车职业技能培训机构等各方人士相结合的教材编审委员会,以保证教材质量,促进我国高等职业教育事业的发展,造福于莘莘学子。

真诚地希望本丛书的出版能对我国的职业教育和技能培训有所裨益,热切期待广大读者提出宝贵意见和建议,使教材更臻完善。

李理光

2010年7月



前 言

21 世纪,新材料产业被列为国家新兴战略性新兴产业之一,低碳经济促进汽车新材料产业的发展。随着现代汽车技术的不断发展,汽车新结构、新材料、新能源、新标准不断推陈出新。为了适应汽车行业发展的需要,满足高等职业技术学院培养汽车专业高等技术应用型人才的需要,依据高职高专教育的定位理念和教育部有关汽车紧缺人才培养基地及汽车示范性专业建设的要求,把一些相关的专业基础课整合为一门课程,保持了内容的连贯性和一致性。本书将“工程材料”、“汽车运行材料”和“金属工艺学”三部分内容进行整合,全面系统地介绍了汽车制造材料、汽车运行材料、金属加工基础知识等内容。力求做到知识点合理,理论适中,通俗易懂,体现以能力为本的职业技术教育特点。内容以“必需、够用”为原则,强调以实用为目的,注重与汽车行业紧密联系,使教材和汽车技术发展实现紧密结合。

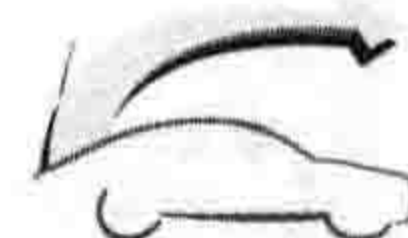
本书由包头职业技术学院白树全、高美兰主编并负责统稿。其中第 1,2,4~6,10~13 章由高美兰编写;第 3 章由白树全编写;第 7~9 章由淮南联合大学王红编写。全书由烟台南山学院张涛主审。

在编写过程中,参阅了有关文献资料,借此向所参阅文献资料的作者表示最衷心的感谢!

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请专家、读者批评指正。

编 者

2011 年 2 月



目 录

序

前言

1 金属材料的性能	1
1.1 静态力学性能	2
1.2 动态力学性能	8
1.3 工艺性能	11
本章小结	12
复习思考题	12
2 金属的晶体结构与结晶	15
2.1 纯金属与合金的晶体结构	16
2.2 纯金属与合金的结晶	20
本章小结	26
复习思考题	26
3 钢铁材料及其在汽车上的应用	29
3.1 铁碳合金相图	30
3.2 钢的热处理	39
3.3 碳素钢	49
3.4 合金钢	55
3.5 铸铁	65
3.6 典型汽车零件的选材	73
本章小结	81
复习思考题	82
4 有色金属及其在汽车上的应用	85
4.1 铝及铝合金	86
4.2 铜及铜合金	89
4.3 滑动轴承合金	93
4.4 其他有色金属简介	95
本章小结	97
复习思考题	97



5	非金属材料及其在汽车上的应用	99
5.1	塑料	100
5.2	橡胶	103
5.3	玻璃	105
5.4	陶瓷	107
5.5	复合材料	108
5.6	汽车用摩擦材料	111
5.7	汽车用美容材料	113
	本章小结	123
	复习思考题	124
6	汽车燃料	127
6.1	车用汽油	128
6.2	车用柴油	132
6.3	汽车新能源	135
	本章小结	138
	复习思考题	138
7	汽车润滑材料	141
7.1	发动机润滑油	142
7.2	车辆齿轮油	148
7.3	汽车润滑脂	153
	本章小结	159
	复习思考题	159
8	汽车工作液	161
8.1	汽车制动液	162
8.2	汽车防冻液	165
8.3	液力传动油	167
8.4	其他汽车工作介质	169
	本章小结	172
	复习思考题	172
9	汽车轮胎	175
9.1	轮胎的类型与结构特点	176
9.2	轮胎的规格及合理使用	178
	本章小结	181
	复习思考题	182



10 铸造	183
10.1 砂型铸造	184
10.2 特种铸造	186
本章小结	189
复习思考题	190
11 锻压	191
11.1 锻造	192
11.2 冲压	196
11.3 钣金	198
本章小结	203
复习思考题	204
12 焊接	205
12.1 电弧焊	206
12.2 气焊	209
12.3 电阻焊	210
本章小结	211
复习思考题	211
13 金属切削加工	213
13.1 金属切削加工基础知识	214
13.2 车削	216
13.3 铣削	219
13.4 钻削与镗削	222
13.5 磨削	224
本章小结	227
复习思考题	228
附录一 常用车辆用油牌号推荐表	229
附录二 车用柴油技术要求和试验方法(GB/T19147—2003)	231
附录三 我国各地各月份风险率为10%的最低气温(GB/T19147—2003)	232
附录四 机动车辆制动液的技术要求(GB12981—2003)	234
参考文献	237



普通高等职业教育规划教材
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

1 金属材料的性能

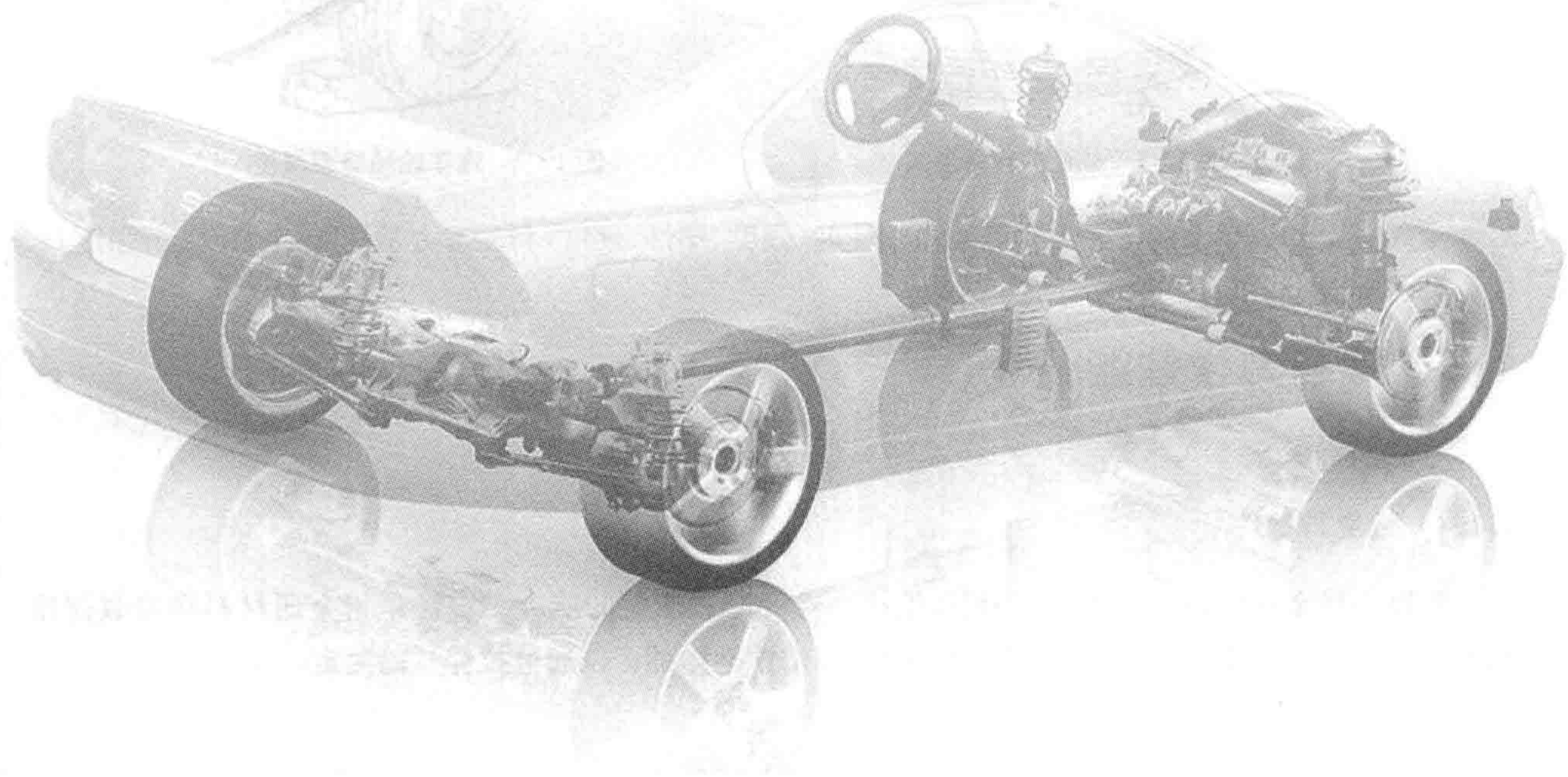
学习目标

知识目标

- (1) 了解金属材料的性能;
- (2) 掌握金属材料力学性能指标概念和意义;
- (3) 理解各种力学性能指标的测试原理。

能力目标

- (1) 学会力学性能指标的测试方法和应用。





金属材料的性能直接关系到汽车的制造装配、运行维护、使用寿命和加工成本,是合理选用汽车零部件材料的重要依据。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料为保证机械零件或工具正常工作应具备的性能,即在正常使用条件下所表现出来的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能。使用性能决定了材料的使用范围、安全可靠性和使用寿命。工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能,包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

金属的力学性能是指金属在外力作用下表现出来的性能。金属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。载荷按照性质不同,一般可分为静载荷和动载荷(冲击载荷和交变载荷统称为动载荷)。静载荷指载荷的大小和方向不随时间发生变化或变化极缓慢的载荷。例如:汽车在静止状态下,车身自重引起的对车架和轮胎的压力属于静载荷。冲击载荷是指以较高的速度作用于零部件上的载荷。例如:当汽车在不平的道路上行驶时,车身对车架和轮胎的冲击即为冲击载荷;交变载荷指大小与方向随时间发生周期性变化的载荷。运转中的发动机曲轴、齿轮等零部件所承受的载荷均为交变载荷。根据加载形式的不同,载荷也可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷等,如图 1-1 所示。

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。弹性变形是指构件受到载荷作用时产生变形,载荷卸除后恢复原状的变形。而塑性变形则是指构件在载荷作用下产生变形,且当载荷卸除后不能回复原状的变形,也称之为永久变形。

金属材料的力学性能是设计和制造汽车零件的重要依据,也是控制汽车零件质量的重要参数。金属材料的选择离不开对金属力学性能的分析。例如,汽车轮胎紧固螺栓材料及规格的选择,就必须能够保证螺栓在使用过程中不会由于承受不住剪切而扭断,从而保证驾乘人员的安全,如图 1-2 所示。

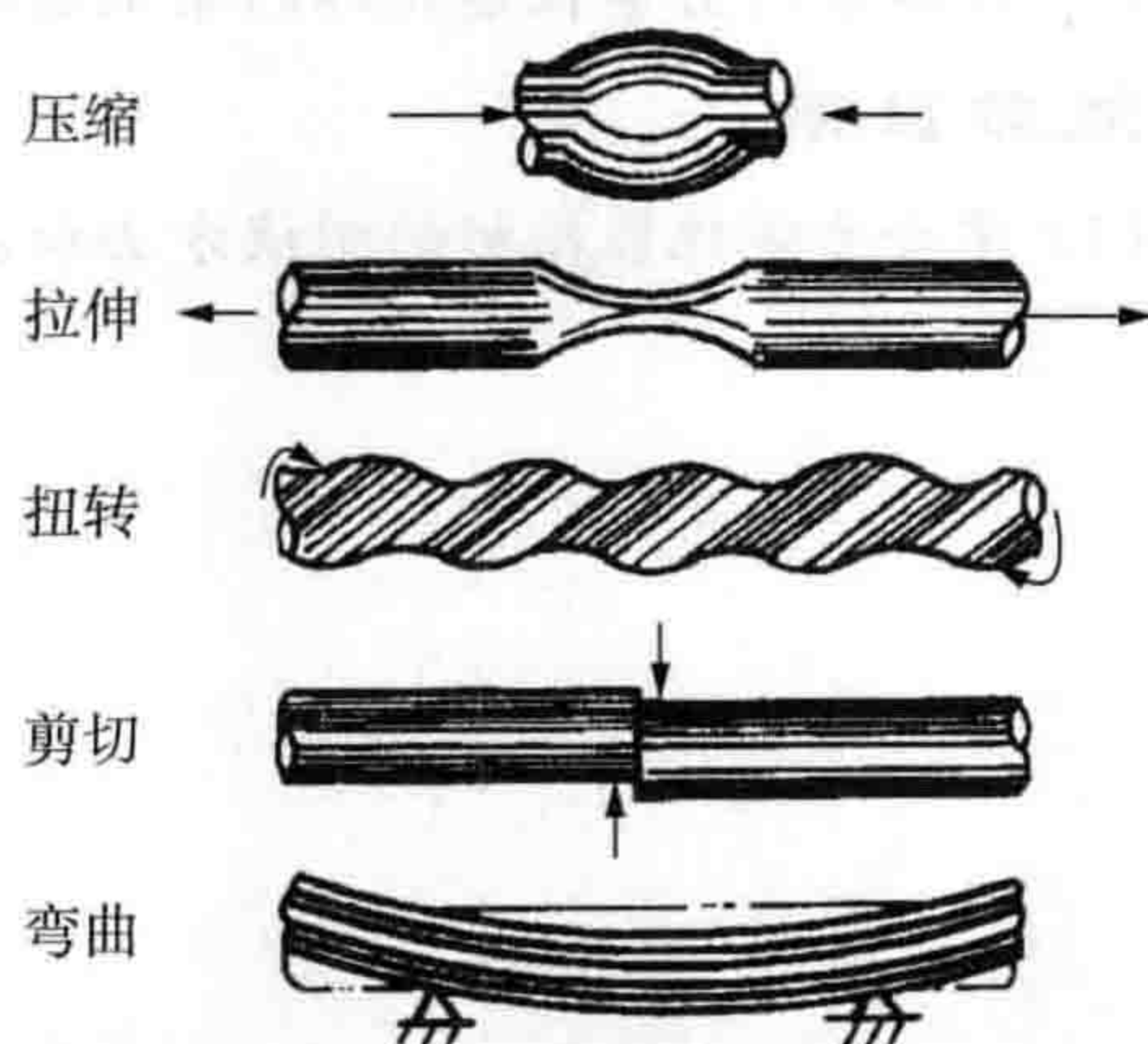


图 1-1 载荷的作用形式

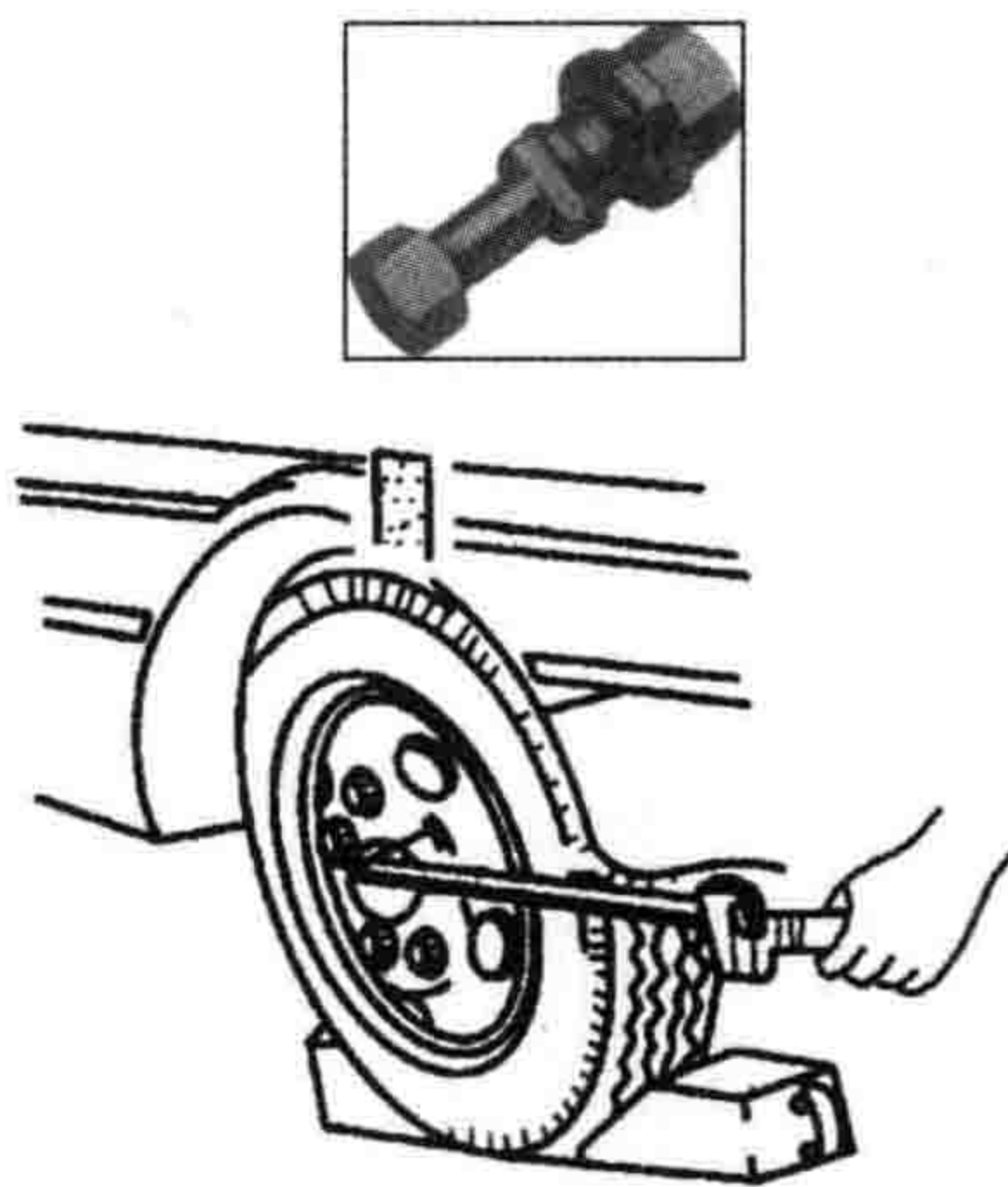


图 1-2 汽车轮胎紧固螺栓

金属材料的力学性能主要包括静态力学性能(强度、塑性、硬度)和动态力学性能(韧性、疲劳强度)。

1.1 静态力学性能

1.1.1 强度与塑性

强度是指金属材料在静载荷作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。塑性是指金属材料在静载荷作用下产生塑性变形而不发生断裂的能力。强度和塑性指标都可以通过拉伸试验测定。



1. 拉伸试验

拉伸试验是指在静拉伸力作用下,对试样进行轴向拉伸,直到拉断。根据拉伸试验绘制出的拉伸曲线,即可计算出强度和塑性的性能指标。

拉伸试验前,根据《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T228—2002)将被测金属制成一定形状和尺寸的标准拉伸试样,常用的圆形拉伸试样如图1-3所示。将拉伸试样装夹在拉伸试验机(图1-4)的两个夹头上,沿轴向缓慢加载进行拉伸,试样逐渐伸长、变细,直到最后拉断。在拉伸试验过程中,拉伸试验机上的自动记录装置可绘出能反映静拉伸载荷 F 与试样轴向伸长量 ΔL 对应关系的拉伸曲线,即 $F-\Delta L$ 曲线。低碳钢的 $F-\Delta L$ 曲线如图1-5所示。

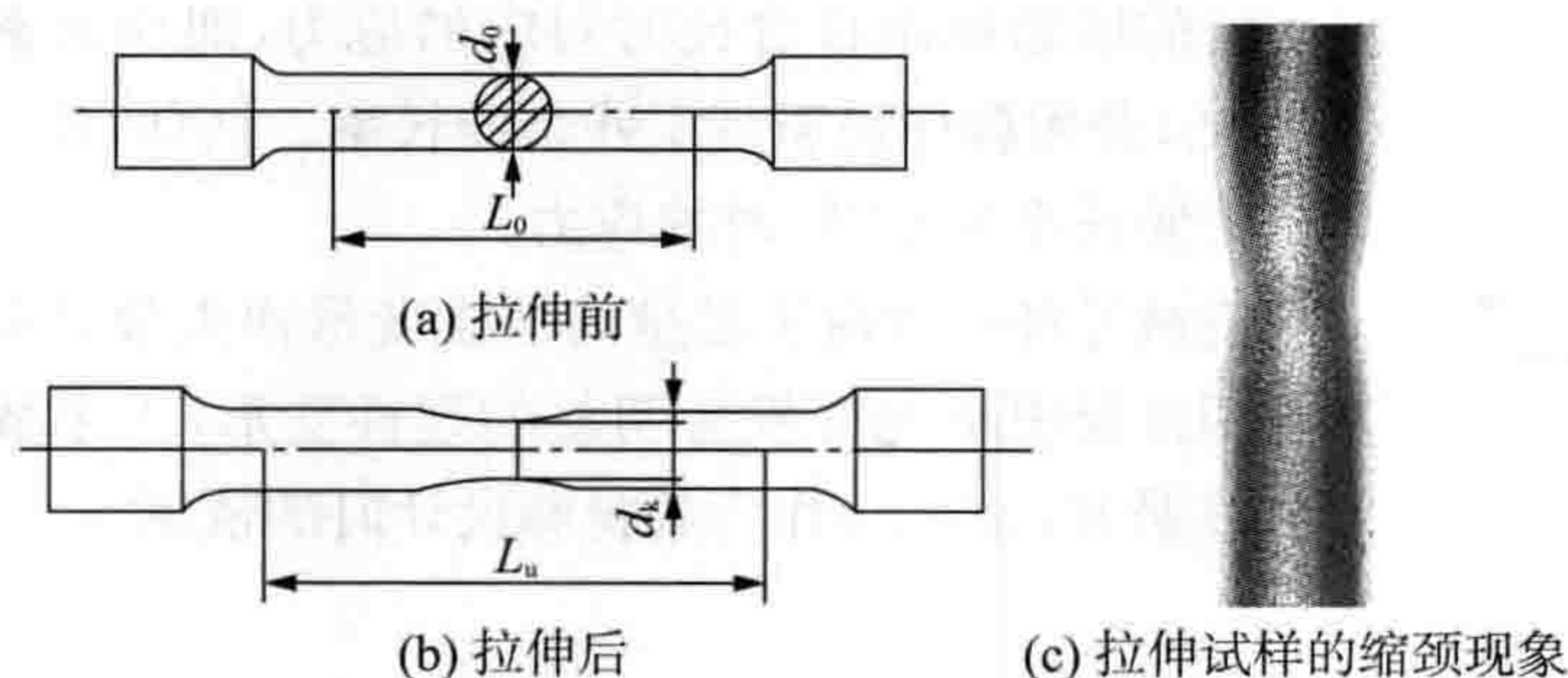


图 1-3 标准拉伸试样

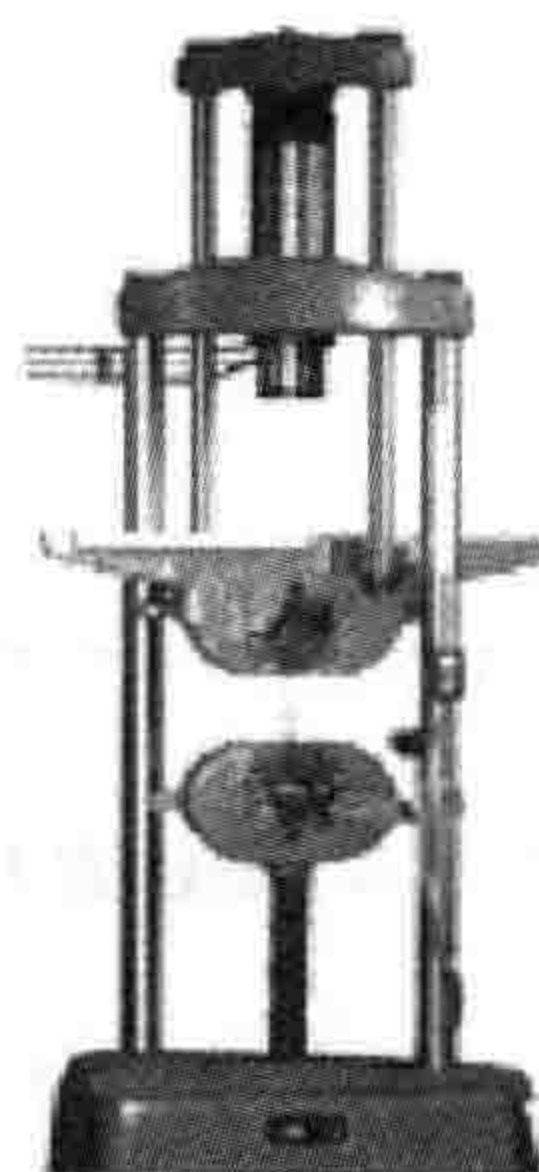


图 1-4 拉伸试验机

由图1-5可以看出,拉伸过程中试样表现出以下几个变形阶段:

(1) 弹性变形阶段(Op, pe 段): 当载荷不超过 F_p 时,拉伸曲线 Op 为直线段,试样的变形量与外加载荷成正比。如卸除载荷,试样立即恢复原状。在 pe 段,试样仍处于弹性变形阶段,但载荷与变形量不再成正比。

(2) 屈服阶段(es 段): 当载荷增加到 F_s 时,拉伸曲线出现平台或锯齿线,表明在载荷不增加或略有减小的情况下,试样却继续伸长,这种现象称为屈服, s 点称为屈服点。

(3) 强化阶段(sb 段): 屈服阶段之后,继续增加载荷,试样继续伸长。随着试样塑性变形的增大,材料的变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称为加工硬化)。

(4) 缩颈阶段(bk 段): 当载荷增加到最大值 F_b 后,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”。此时变形所需载荷也逐渐降低,伸长部位主要集中于缩颈部位,如图1-3(b),(c)所示。当载荷达到 F_k 时,试样被拉断。

应该指出,做拉伸试验时,低碳钢等材料在断裂前有明显的塑性变形,这种断裂称为塑性断裂。塑性断裂的断口呈“杯锥”状,这种材料称为塑性材料。对于铸铁等脆性材料不仅没有屈服现象,而且也不产生缩颈,脆性材料的断口是平整的。

2. 强度指标

通过拉伸试验测得的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

1) 屈服强度

金属材料开始产生屈服现象时的最低应力称为屈服强度,用符号 R_{eL} 表示。

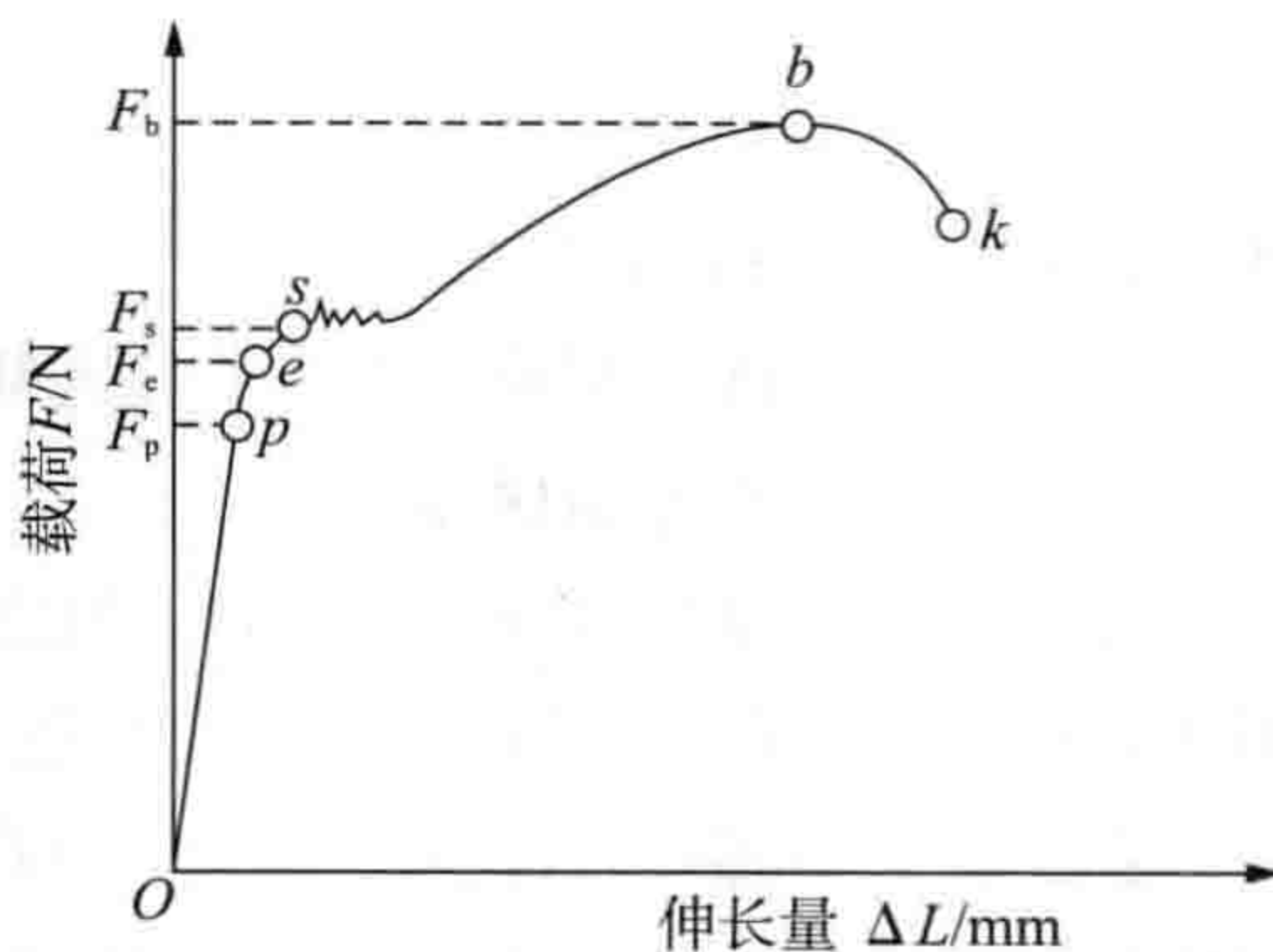


图 1-5 低碳钢的 $F-\Delta L$ 曲线



$$R_{eL} = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 R_{eL} ——屈服强度, MPa;

F_s ——试样发生屈服时的最小载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

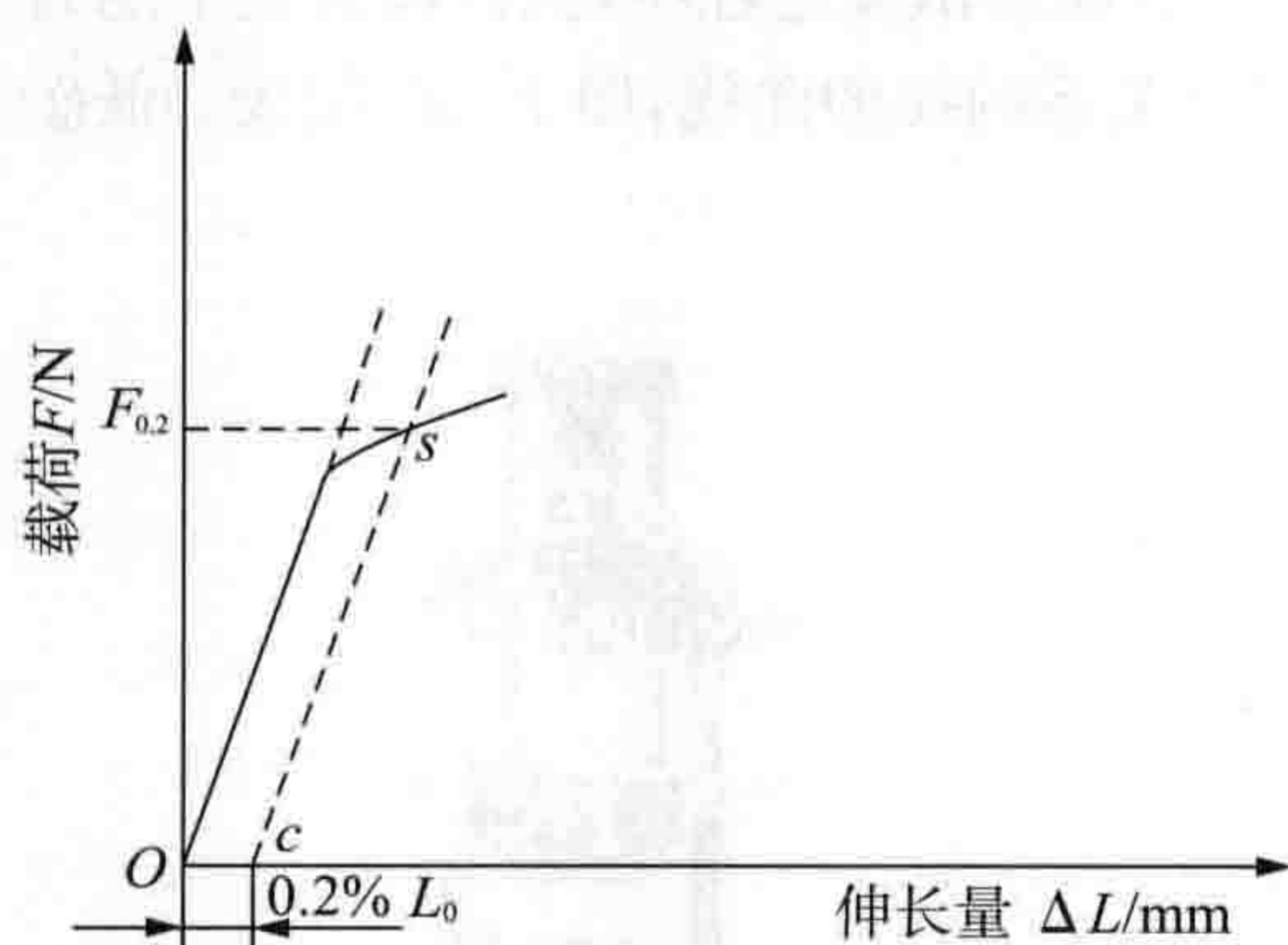


图 1-6 铸铁的 $F-\Delta L$ 曲线

除退火和热轧的低碳钢和中碳钢等材料在拉伸过程中有屈服现象以外,汽车上使用的某些金属材料如高碳钢、铸铁等,在拉伸过程中没有明显的屈服现象,如图 1-6 所示。因此,根据《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T228—2002)规定,当试样卸除载荷后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时对应的应力,即作为条件屈服强度 R_r ,并附脚标说明规定残余伸长率。例如, $R_{r0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

机械零件经常由于过量的塑性变形而失效,因此,零件在使用过程中不允许发生明显的塑性变形,大多数机械零件常根据 R_{eL} 或 $R_{r0.2}$ 作为选材和设计时的依据。

2) 抗拉强度

金属材料在断裂前所能承受的最大应力称为抗拉强度,用符号 R_m 表示。

$$R_m = \frac{F_b}{S_0}$$

式中 R_m ——抗拉强度, MPa;

F_b ——试样断裂前所承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

抗拉强度是设计和选材的主要依据之一,是工程技术上的主要强度指标。一般情况下,在静载荷作用下,只要工作应力不超过材料的抗拉强度,零件就不会发生断裂。

在工程上,屈强比 R_{eL}/R_m 是一个有意义的指标。其比值越大,越能发挥材料的性能潜力。但是为了使用安全,该比值不宜过大,适当的比值一般在 0.65~0.75。另外,比强度 R_m/ρ 也常被提及,它表征了材料强度与密度之间的关系。在考虑汽车轻量化的问题时,常常用到这个指标。

3. 塑性指标

金属的塑性指标主要由断后伸长率和断面收缩率表示。

1) 断后伸长率

试样拉断后,标距长度的伸长量与原始标距的百分比称为断后伸长率,用符号 A 表示。

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_u ——试样拉断后标距的长度, mm;

L_0 ——试样的原始标距, mm。

2) 断面收缩率

试样拉断后横截面积的缩减量与原始横截面积之比称为断面收缩率,用符号 Z 表示。



$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_u ——试样拉断处的最小横截面积, mm^2 ;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

同一材料的试样长短不同,测得的断后伸长率略有不同,用短试样($L_0=5d_0$)测得的断后伸长率 A 略大于用长试样测得的断后伸长率 $A_{11.3}$ 。而断面收缩率与试样的尺寸因素无关。

金属材料的 A, Z 值越大,说明材料的塑性越好。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、油箱等大多是采用具有良好塑性的冷轧钢板冲压而成。而且用塑性好的金属材料制成的零件,偶尔发生过载时,由于塑性变形能避免发生突然断裂造成的事故。因此,用于汽车制造的材料大多要求有一定的塑性。

4. 《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T228—2002)与《金属拉伸试验方法》(GB/T228—1987)对比

目前金属材料室温拉伸试验方法采用 GB/T228—2002 新标准,本书即采用此标准。但一些书籍或资料的金属材料力学性能数据是按 GB/T228—1987 旧标准测定和标注的,为方便读者学习和阅读,将金属材料强度与塑性的新、旧标准名称和符号对照列于表 1-1。

表 1-1

金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照

GB/T228—2002 新标准		GB/T228—1987 旧标准	
名 称	符 号	名 称	符 号
屈服强度	R_e	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定残余伸长强度	R_r , 如 $R_{r0.2}$	规定残余伸长应力	σ_r , 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b
断后伸长率	A 和 $A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ

注: 在新标准 GB/T228—2002 中,没有对屈服强度规定符号,本书采用 R_e 作为屈服强度符号。

1.1.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形或者抵抗其他物质刻划或压入其表面的能力,是重要的力学性能指标之一。通常材料的硬度越高,耐磨性越好,因此,常将硬度值作为衡量材料耐磨性的重要指标。在汽车维修行业中所用的模具、量具、刀具等都要求有足够高的硬度,否则就无法正常工作。

由于测定硬度的试验设备比较简单,操作方便,且属于非破坏性试验,因此,在实际生产中对一般机械零件,大多通过测试硬度来检测力学性能。零件图中对金属材料力学性能的要求往往只标注硬度值。

测定硬度的方法很多,主要有压入法、划痕法、回跳法。生产中常用的是压入法,即在一定外加载荷作用下,将比工件更硬的压头缓慢压入被测工件表面,使金属局部产生塑性变形,从而形成压痕,然后根据压痕面积大小或压痕深度来确定硬度值。

根据压头和外加载荷的不同,常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1. 布氏硬度

布氏硬度是在布氏硬度计(图 1-7)上测得的,用符号 HB 表示,其试验原理如图 1-8 所示。使用



直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头^①,以规定的试验载荷 F 压入被测金属表面,保持规定时间后卸除载荷,此时在被测金属表面上会留下直径为 d 的球形压痕。计算压痕单位面积上所受的平均压力(即所加载荷与压痕面积的比值),即为该金属的布氏硬度值。

$$HB = \frac{F}{S} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

从上式可以看出,当载荷 F 和压头直径 D 一定时,布氏硬度值仅与压痕直径 d 的大小有关。 d 越小,说明压痕面积越小,布氏硬度值越大,也就是硬度值越高。在实际应用中,布氏硬度值不用计算,只需使用读数显微镜测出压痕平均直径 d 的大小,在压痕直径与布氏硬度对照表中,即可查出相应的布氏硬度值。布氏硬度值一般不标注单位。

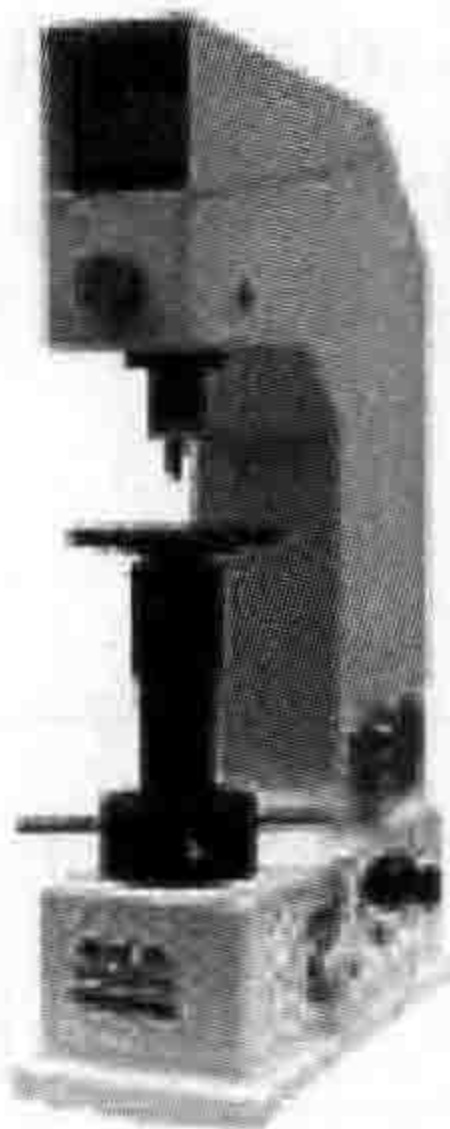


图 1-7 布氏硬度计

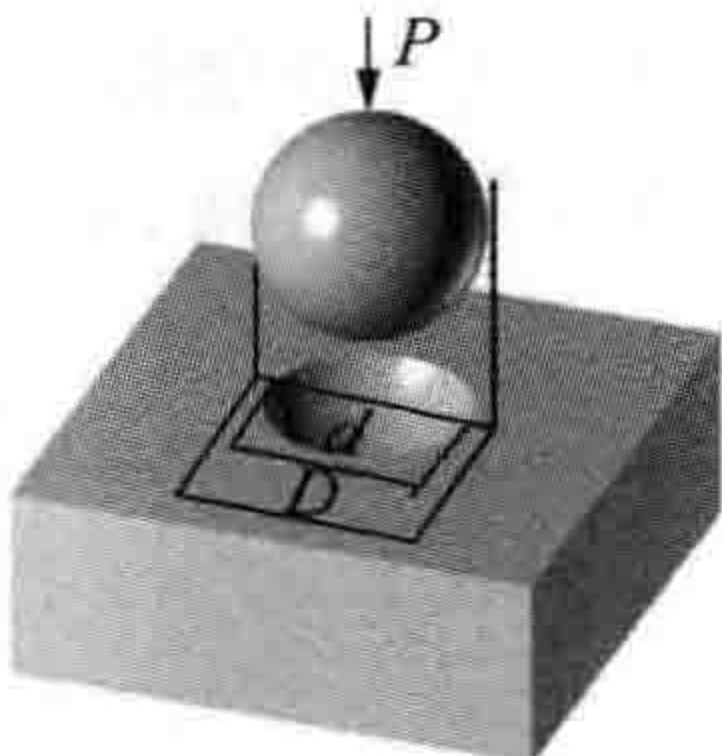
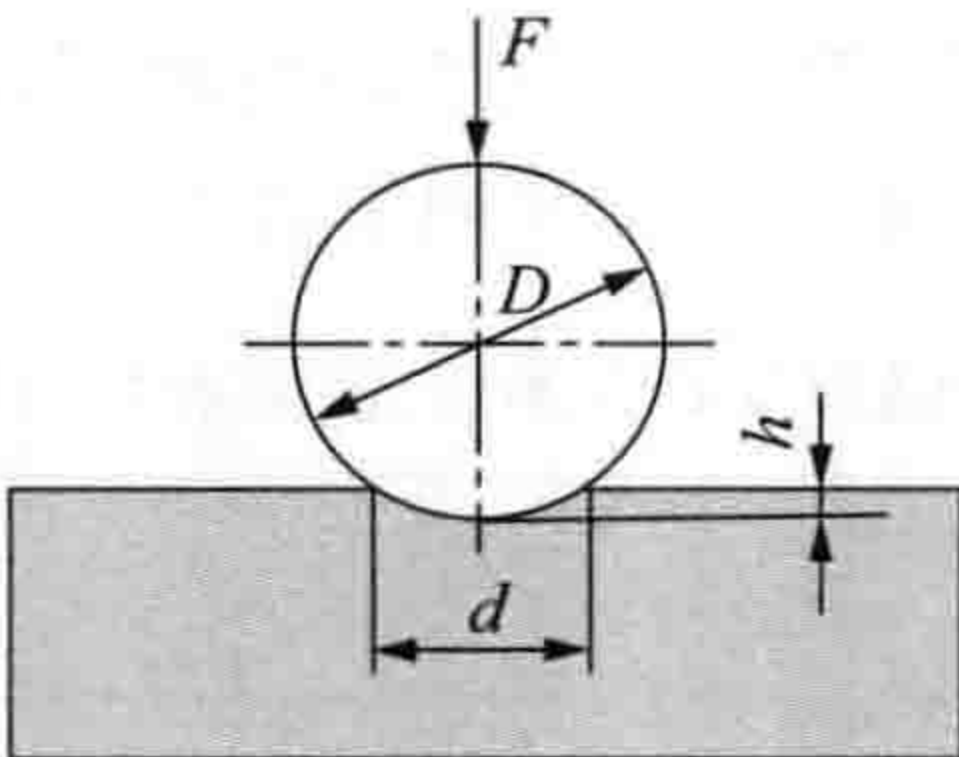


图 1-8 布氏硬度试验原理示意图

通常硬度值小于 450 HBS 的材料,宜用淬火钢球作压头;硬度值大于 450 HBW 的材料,宜用硬质合金球作压头。标注时,习惯上把硬度值写在符号 HBS 或 HBW 之前,后面按以下顺序注明试验条件:球体直径、测试时所加载荷(常用千克力 kgf 单位)、载荷保持的时间(保持 10~15 s 时不标注)。例如,某种材料的布氏硬度是 180 HBS 10/1 000/30,表示用直径 10 mm 的淬火钢球,在 1 000 kgf(9 807 N)的载荷作用下,保持 30 s 时测得的硬度值为 180 N/mm²(MPa)。布氏硬度是 530 HBW5/750,表示用直径 5 mm 的硬质合金球,在 750 kgf(7 355 N)的载荷作用下,保持 10~15 s 时测得的硬度值为 530 N/mm²(MPa)。

布氏硬度试验应根据被测金属材料的种类和试样厚度,选用不同大小的球体直径 D ,施加载荷 F 和保持时间,按表 1-2 所列的布氏硬度试验规范正确选择。按 GB/T231.1—2002 规定,球体直径有 10 mm,5 mm,2.5 mm 和 1 mm 四种,试验载荷(单位为 kgf)与球体直径平方的比值(F/D^2)有 30,15,10,5,2.5 和 1 共六种。

表 1-2 布氏硬度试验规范

材 料	硬度规范	球体直径 D/mm	F/D^2	保持时间/s
钢、铸铁	<140	10、5、2.5	10	10~15
	≥ 140	10、5、2.5	30	10
非铁金属	335~130	10、5、2.5	10	30
	≥ 130	10、5、2.5	30	30
	<35	10、5、2.5	2.5	60

① 新的国家标准规定,全部采用硬质合成金球为压头,用 HBW 表示。