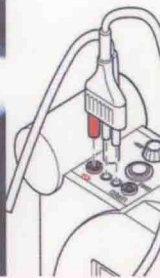
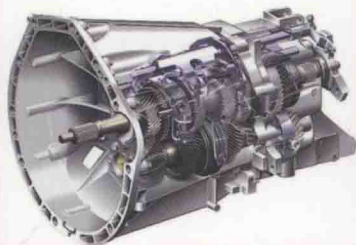


高等职业教育“十二五”规划教材

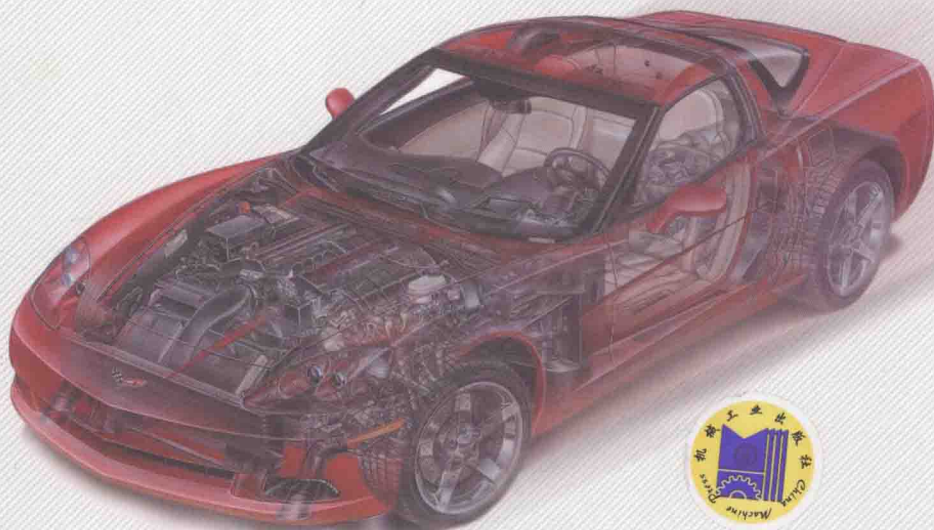
汽车类

汽车工程材料



gao deng zhi ye jiao yu shi er wu gui hua jiao cai

周超梅 杜弘 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

高等职业教育“十二五”规划教材 汽车类

汽车工程材料



主 编 周超梅 杜 弘
副主编 王淑君 吉 宁 柳 艳
参 编 王 影 石未华 杨 磊
周 姝 刘丽华 殷秋菊
李贵茂 代继业
主 审 齐云飞 王乞凡



机械工业出版社

本书是依据教育部制定的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16)的精神,以培养汽车制造和汽车维修专业人才为目的,紧密结合汽车行业生产实际,突出应用能力和综合素质的培养,并以多所院校课程改革成果为基础,吸取众多同类教材的优点编写而成的。

全书共分十四章,前七章为金属材料部分,后七章为非金属材料及油料部分,以汽车制造、装配及维修需要的知识为主,力求全面反映高职高专课程和教学内容体系的改革方向,力求有利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

本书可作为高职、高专院校和成人高校汽车制造与装配技术专业、汽车检测与维修技术专业,中职院校汽车类专业及汽车行业技师培训的通用基础教材,也可供相关专业的师生及企业管理人员、技术人员参考使用。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

汽车工程材料/周超梅,杜弘主编. —北京:机械工业出版社,2012.9
高等职业教育“十二五”规划教材. 汽车类
ISBN 978-7-111-39765-6

I. ①汽… II. ①周… ②杜… III. ①汽车—工程材料—高等职业教育—教材 IV. ①U465

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第219072号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:葛晓慧 责任编辑:葛晓慧 贺贵梅

版式设计:姜婷 责任校对:申春香

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·379千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39765-6

定价:29.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

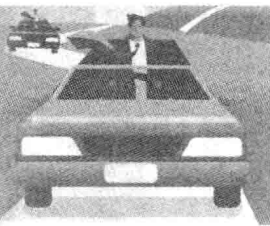
销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言



本书根据高职高专教育的需求,以培养汽车制造与装配技术专业和汽车检测与维修技术专业人才为目的,紧密结合汽车行业生产实际,突出学生应用能力和综合素质的培养,以多所院校课程改革成果为基础,吸取众多同类教材的优点,突出高职教育的培养特色,理论遵循以应用为主的原则,着重介绍现代汽车领域工程材料的基础理论和实践应用,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,专业知识突出针对性、实用性和应用性。全书采用最新的国家标准,力求通俗易懂,便于自学。本书每章开头均有主要内容要求,每章结束均有小结,总结本章重点内容。由于本书各章内容独立,既适用于多学时讲授,也适用于少学时讲授,可根据不同需求选择不同授课学时讲授。

为了便于自学,力求教材内容通俗易懂,针对生产实践的实际应用,以汽车制造与装配技术专业和汽车检测与维修技术专业需要的知识以及技能培养为目标,注重实用性、综合性以及实践性。力求内容简明实用,使学生易于理解,掌握各知识点的深度和广度,明确重点和难点;力求体现教材的实用性与技能性,使教材能贯通于课堂教学、实训与实践教学的各个环节,并对部分新材料、新工艺及新技术作简明阐述。全书的名词、术语及牌号均采用了最新国家标准,使用法定计量单位,凡在脱稿前收集到的新标准均在书中得到体现。

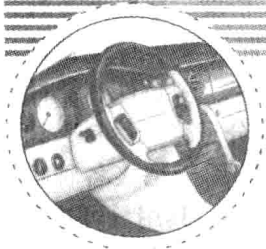
本书由周超梅、杜弘任主编,王淑君、吉宁、柳艳任副主编,并由齐云飞、王乞凡任主审。其中绪论、第四章由周超梅编写,第一章由杜弘编写,第二章由王淑君编写,第三章由代继业、石未华共同编写,第五章由周姝、杨磊共同编写,第六章由殷秋菊编写,第七章由王影、刘丽华共同编写,第八、十、十四章由柳艳编写,第九章由李贵茂编写,第十一、十二、十三章由吉宁编写。

在本书编写过程中,参考了大量的技术资料,在此谨向所有参考文献的作者及关心支持本书编写的同志们表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

编 者



绪 论

材料是人类生产和社会发展的物质基础，人类对材料的认识和发展代表着人类文明进步的程度。在当今社会，材料、能源、信息被称为现代社会的三大支柱，而能源、信息的发展，在一定程度上又依赖于材料科学的发展和进步，所以，世界各国都非常重视对材料（尤其是新材料）技术的研究。目前，材料的种类、数量和质量已成为衡量一个国家科学技术水平、国民经济水平和社会文明程度的重要指标之一。

汽车工程材料是汽车工业发展的重要基础之一，而汽车工业作为现代工业社会的一个重要发展的行业，带动和促进着石油、电子、材料等 30 余个其他行业的发展。据统计，世界上每年钢材产量的四分之一、橡胶产量的二分之一以及石油产量的二分之一均用于汽车及相关工业。

汽车材料是生产汽车及汽车在运行过程中所用到的材料，一般包括汽车金属材料、汽车非金属材料、汽车运行材料及汽车新型材料等。

1. 汽车金属材料

金属材料一般占汽车总质量的 80% 左右，随着现代科技的高速发展，为实现汽车轻量化的目标，汽车上采用了很多替代的新型材料，但由于钢铁材料具有低成本、优良的力学性能、良好的工艺性能及易回收再利用的特点，因此在现代，钢铁材料仍是组成汽车最主要的工程材料。据统计，我国一辆中型载货汽车的钢铁材料占总质量的四分之三，在轿车上占总质量的三分之二。汽车用钢铁材料主要有钢板、结构钢、合金钢、钢管及铸铁等，主要用于车架、车身、车轴、齿轮、发动机曲轴、气缸体、差速器、罩板及外壳等。

非铁金属分为轻非铁金属（相对密度小于 4.5）与重非铁金属（相对密度大于 4.5）。非铁金属具有钢铁所不具备的特殊性能，如质轻、强度高、耐腐蚀、导电性能好等。在汽车制造中常用的有铝合金、铜及铜合金、轴承合金、硬质合金、镁合金和钛合金等。近年来轿车中铝合金用量已由轿车总质量的 5% 上升至轿车总质量的 10%，现代用铝、镁、钛等轻金属替代钢铁材料，成为轿车轻量化的一个重要手段。

2. 汽车非金属材料

汽车非金属材料包括高分子材料、陶瓷材料及复合材料三大类。

(1) 高分子材料 高分子材料是由相对分子质量 10^4 以上的化合物构成的材料，是以聚合物为基本组分的材料，所以又称聚合物材料或高聚物材料。高分子材料可分为：天然高分子材料，如天然橡胶、油脂、纤维素等；人工合成高分子材料，如塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂、涂料等。

在人工合成高分子材料中，塑料是以合成树脂为主要组分，在一定温度、压力下可塑制



成型的高分子合成材料,其具有强度高、韧性好、绝缘性好、耐磨性好、价廉、质轻及美观等特点,广泛应用于汽车上的电气绝缘件、转向盘、汽车内饰件、仪表面板及车身覆盖件等;橡胶件占轿车总质量的4%~5%,主要用于轮胎、各种软管、传动带、密封件、缓冲垫及车窗密封条等;合成纤维是由单聚体聚合而成的、具有很高强度的高分子合成材料,如尼龙、聚酯等,常用于汽车的坐垫、安全带及内饰件等;胶粘剂与密封胶用于粘接各种零件,起到防漏、防振、隔热、防松及降噪的作用,在每辆汽车的制造过程中,其用量可达数十千克。

(2) 陶瓷材料 工程陶瓷材料具有高硬度、耐高温、耐磨损、耐腐蚀及电导等特殊性能,近年来在汽车上的应用越来越多。例如,在发动机上利用陶瓷的低导热性,使发动机燃烧室与周围环境不发生热交换,可节省约30%的热能损耗,功率增加45%以上,起到节能、减重的作用;一部分陶瓷被作为功能材料用于爆燃传感器、氧传感器等。

汽车用玻璃在轿车中占总质量的3%左右,其对透明性、耐候性、强度及安全性有很高的要求,例如,前风窗玻璃只允许使用HPR夹层玻璃,此外,一些功能性玻璃在汽车上的应用也越来越多。

(3) 复合材料 复合材料是由两种或两种以上不同材料组合而成的,分为金属基复合材料和非金属基复合材料。

由于是由不同性质或不同组织结构的材料经人工合成的多相固溶体材料,复合材料除具备单一材料的特性外,还具备了更综合的特性。作为一种新型的、具有广阔发展前景的工程材料,复合材料在汽车领域将得到广泛的应用。

3. 汽车运行材料

汽车运行材料是汽车在运行过程中所消耗的材料。

汽车运行材料包括燃料、润滑剂、冷却液、制动液及轮胎等,这些材料大多属于石油产品。据统计,在汽车运输成本中,汽车运行材料消耗所占的比例最高,达到40%以上;据统计,我国2010年汽车消费成品油仅这一项就在1.5亿吨以上,而消耗润滑油、橡胶轮胎等材料更是惊人。石油作为不可再生资源,是现代工业和交通运输的主要能源,如何节约石油资源是当今世界汽车制造业的重要研究课题。

4. 汽车工程材料的发展与未来

21世纪是材料科学、能源科学、信息科学高速发展的时代,汽车轻量化、节能、环保、高性能、多功能是汽车发展的必然趋势。汽车结构材料中,铸铁及中、低碳钢的应用比例将逐渐减小,高强度钢、超高强度钢、非铁金属合金、高分子材料、复合材料及陶瓷材料等新型材料的应用比例将逐渐提高。

现在各国都在开发高强度钢在汽车车身、底盘、悬架及转向等系统零部件上的应用,如北美高强度钢在轿车上的应用比例已达到45%以上,主要是因为高强度钢不仅理化性能优良,而且在自重上也有明显减轻。

现在铝合金正替代铸铁应用于缸体、缸盖、变速器壳体、气门室罩盖等,此外,厢式车厢、热交换系统等也应用铝合金,国外还开发了快速凝固铝合金、超塑性铝合金及粉末冶金铝合金等新材料。镁是比铝更轻的金属材料,可在铝合金的基础上再减轻15%~20%,汽车用镁正以年增长20%的速度快速发展,应用于仪表板骨架、缸体、缸盖、进气歧管、车轮及壳体类零部件等,此外,欧美国家还相继开发了AE、Mg-Al-Ca、Mg-Al-Ca-Re等抗蠕变



镁合金以及可以进行冷加工的镁合金板材等。

环保材料在现代汽车中也得到了很好的应用，其对材料本身的环保性和可回收性要求高。欧美国家已掌握了汽车材料回收的关键技术，其回收率已达 85%，2015 年的目标为 95%。

在今后的汽车制造业中，汽车用高强度钢、合金材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料及环保材料在汽车中的应用将越来越广泛。

在汽车运行材料中，由于石油是不可再生资源，目前世界各国都在研究替代能源，其中包括各种高效节能添加剂，汽车燃料今后将向汽油、柴油、天然气、液化石油气、电能、光能、氢气、醇类、二甲醚及生物能（生物柴油）等多极模式发展。润滑剂及特种液将向安全、环保、节能及长效等方向发展，相信随着科技水平的不断提高，更多的新材料将不断在汽车上得到应用。

目 录



前言

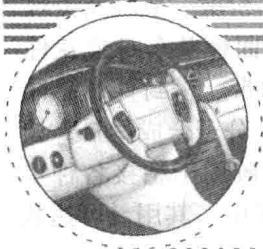
绪论	1
第一章 金属材料的基础知识	4
第一节 金属材料的力学性能	4
第二节 金属材料的物理性能	14
第三节 金属材料的化学性能	15
第四节 金属材料的工艺性能	16
第五节 金属材料的晶体结构	17
第六节 纯金属的结晶	21
第七节 合金的基本结构	23
第八节 合金的结晶	25
本章小结	28
复习思考题	28
第二章 金属的塑性变形与再结晶	30
第一节 金属的塑性变形	30
第二节 冷塑性变形对金属组织与性能的影响	33
第三节 冷变形金属在加热时其组织与性能的变化	35
第四节 金属的热塑性变形加工	38
本章小结	40
复习思考题	40
第三章 铁碳合金	41
第一节 铁碳合金的基本组织	41
第二节 铁碳合金相图	45
第三节 典型铁碳合金的结晶过程、室温组织及性能	47
第四节 碳素钢	52
本章小结	57
复习思考题	57
第四章 钢的热处理	59
第一节 钢在加热时的组织转变	59
第二节 钢在冷却时的组织转变	62
第三节 钢的退火、正火、淬火、回火	71
第四节 金属材料的表面处理技术	83
本章小结	94



复习思考题	94
第五章 合金钢	95
第一节 合金元素在钢中的作用	95
第二节 合金钢的分类及牌号	98
第三节 合金结构钢及在汽车上的应用	99
第四节 合金工具钢	108
第五节 特殊性能钢	110
本章小结	115
复习思考题	115
第六章 铸铁	117
第一节 铸铁的分类	117
第二节 铸铁的石墨化及影响因素	118
第三节 灰铸铁	119
第四节 可锻铸铁	122
第五节 球墨铸铁	123
第六节 蠕墨铸铁	126
第七节 合金铸铁	127
本章小结	128
复习思考题	129
第七章 非铁金属及其合金	130
第一节 铜及其合金	130
第二节 铝及其合金	136
第三节 滑动轴承合金	140
第四节 硬质合金	143
第五节 钛及钛合金	144
第六节 金属材料在汽车上的应用	146
本章小结	151
复习思考题	152
第八章 高分子材料	153
第一节 高分子材料的分类及性能	153
第二节 塑料	153
第三节 橡胶	158
第四节 胶粘剂	162
第五节 纤维	166
第六节 涂装材料	168
本章小结	170
复习思考题	170
第九章 陶瓷材料与玻璃材料	171
第一节 陶瓷	171
第二节 玻璃	174
本章小结	176
复习思考题	176



第十章 复合材料及功能材料	177
第一节 复合材料	177
第二节 功能材料	181
本章小结	183
复习思考题	184
第十一章 汽车燃料	185
第一节 汽油	185
第二节 柴油	190
第三节 车用新能源	195
本章小结	196
复习思考题	196
第十二章 车用工作液	197
第一节 车用制动液	197
第二节 液力传动油	199
第三节 车用防冻液	202
第四节 其他车用工作液	204
本章小结	205
复习思考题	206
第十三章 车用润滑材料	207
第一节 发动机润滑油	207
第二节 车用齿轮油	212
第三节 车用润滑脂	216
本章小结	221
复习思考题	221
第十四章 车用轮胎	222
第一节 车用轮胎概述	222
第二节 新型车用轮胎简介	232
本章小结	234
复习思考题	235
附录	236
参考文献	239



绪 论

材料是人类生产和社会发展的物质基础，人类对材料的认识和发展代表着人类文明进步的程度。在当今社会，材料、能源、信息被称为现代社会的三大支柱，而能源、信息的发展，在一定程度上又依赖于材料科学的发展和进步，所以，世界各国都非常重视对材料（尤其是新材料）技术的研究。目前，材料的种类、数量和质量已成为衡量一个国家科学技术水平、国民经济水平和社会文明程度的重要指标之一。

汽车工程材料是汽车工业发展的重要基础之一，而汽车工业作为现代工业社会的一个重要发展的行业，带动和促进着石油、电子、材料等 30 余个其他行业的发展。据统计，世界上每年钢材产量的四分之一、橡胶产量的二分之一以及石油产量的二分之一均用于汽车及相关工业。

汽车材料是生产汽车及汽车在运行过程中所用到的材料，一般包括汽车金属材料、汽车非金属材料、汽车运行材料及汽车新型材料等。

1. 汽车金属材料

金属材料一般占汽车总质量的 80% 左右，随着现代科技的高速发展，为实现汽车轻量化的目标，汽车上采用了很多替代的新型材料，但由于钢铁材料具有低成本、优良的力学性能、良好的工艺性能及易回收再利用的特点，因此在现代，钢铁材料仍是组成汽车最主要的工程材料。据统计，我国一辆中型载货汽车的钢铁材料占总质量的四分之三，在轿车上占总质量的三分之二。汽车用钢铁材料主要有钢板、结构钢、合金钢、钢管及铸铁等，主要用于车架、车身、车轴、齿轮、发动机曲轴、气缸体、差速器、罩板及外壳等。

非铁金属分为轻非铁金属（相对密度小于 4.5）与重非铁金属（相对密度大于 4.5）。非铁金属具有钢铁所不具备的特殊性能，如质轻、强度高、耐腐蚀、导电性能好等。在汽车制造中常用的有铝合金、铜及铜合金、轴承合金、硬质合金、镁合金和钛合金等。近年来轿车中铝合金用量已由轿车总质量的 5% 上升至轿车总质量的 10%，现代用铝、镁、钛等轻金属替代钢铁材料，成为轿车轻量化的一个重要手段。

2. 汽车非金属材料

汽车非金属材料包括高分子材料、陶瓷材料及复合材料三大类。

(1) 高分子材料 高分子材料是由相对分子质量 10^4 以上的化合物构成的材料，是以聚合物为基本组分的材料，所以又称聚合物材料或高聚物材料。高分子材料可分为：天然高分子材料，如天然橡胶、油脂、纤维素等；人工合成高分子材料，如塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂、涂料等。

在人工合成高分子材料中，塑料是以合成树脂为主要组分，在一定温度、压力下可塑制

成型的高分子合成材料, 其具有强度高、韧性好、绝缘性好、耐磨性好、价廉、质轻及美观等特点, 广泛应用于汽车上的电气绝缘件、转向盘、汽车内饰件、仪表面板及车身覆盖件等; 橡胶件占轿车总质量的4%~5%, 主要用于轮胎、各种软管、传动带、密封件、缓冲垫及车窗密封条等; 合成纤维是由单聚体聚合而成的、具有很高强度的高分子合成材料, 如尼龙、聚酯等, 常用于汽车的坐垫、安全带及内饰件等; 胶粘剂与密封胶用于粘接各种零件, 起到防漏、防振、隔热、防松及降噪的作用, 在每辆汽车的制造过程中, 其用量可达数十千克。

(2) 陶瓷材料 工程陶瓷材料具有高硬度、耐高温、耐磨损、耐腐蚀及电导等特殊性能, 近年来在汽车上的应用越来越多。例如, 在发动机上利用陶瓷的低导热性, 使发动机燃烧室与周围环境不发生热交换, 可节省约30%的热能损耗, 功率增加45%以上, 起到节能、减重的作用; 一部分陶瓷被作为功能材料用于爆燃传感器、氧传感器等。

汽车用玻璃在轿车中占总质量的3%左右, 其对透明性、耐候性、强度及安全性有很高的要求, 例如, 前车窗玻璃只允许使用HPR夹层玻璃, 此外, 一些功能性玻璃在汽车上的应用也越来越多。

(3) 复合材料 复合材料是由两种或两种以上不同材料组合而成的, 分为金属基复合材料和非金属基复合材料。

由于是由不同性质或不同组织结构的材料经人工合成的多相固溶体材料, 复合材料除具备单一材料的特性外, 还具备了更综合的特性。作为一种新型的、具有广阔发展前景的工程材料, 复合材料在汽车领域将得到广泛的应用。

3. 汽车运行材料

汽车运行材料是汽车在运行过程中所消耗的材料。

汽车运行材料包括燃料、润滑剂、冷却液、制动液及轮胎等, 这些材料大多属于石油产品。据统计, 在汽车运输成本中, 汽车运行材料消耗所占的比例最高, 达到40%以上; 据统计, 我国2010年汽车消费成品油仅这一项就在1.5亿吨以上, 而消耗润滑油、橡胶轮胎等材料更是惊人。石油作为不可再生资源, 是现代工业和交通运输的主要能源, 如何节约石油资源是当今世界汽车制造业的重要研究课题。

4. 汽车工程材料的发展与未来

21世纪是材料科学、能源科学、信息科学高速发展的时代, 汽车轻量化、节能、环保、高性能、多功能是汽车发展的必然趋势。汽车结构材料中, 铸铁及中、低碳钢的应用比例将逐渐减小, 高强度钢、超高强度钢、非铁金属合金、高分子材料、复合材料及陶瓷材料等新型材料的应用比例将逐渐提高。

现在各国都在开发高强度钢在汽车车身、底盘、悬架及转向等系统零部件上的应用, 如北美高强度钢在轿车上的应用比例已达到45%以上, 主要是因为高强度钢不仅理化性能优良, 而且在自重上也有明显减轻。

现在铝合金正替代铸铁应用于缸体、缸盖、变速器壳体、气门室罩盖等, 此外, 厢式车厢、热交换系统等也应用铝合金, 国外还开发了快速凝固铝合金、超塑性铝合金及粉末冶金铝合金等新材料。镁是比铝更轻的金属材料, 可在铝合金的基础上再减轻15%~20%, 汽车用镁正以年增长20%的速度快速发展, 应用于仪表板骨架、缸体、缸盖、进气歧管、车轮及壳体类零部件等, 此外, 欧美国家还相继开发了AE、Mg-Al-Ca、Mg-Al-Ca-Re等抗蠕变

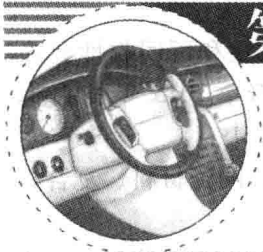


镁合金以及可以进行冷加工的镁合金板材等。

环保材料在现代汽车中也得到了很好的应用，其对材料本身的环保性和可回收性要求高。欧美国家已掌握了汽车材料回收的关键技术，其回收率已达 85%，2015 年的目标为 95%。

在今后的汽车制造业中，汽车用高强度钢、合金材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料及环保材料在汽车中的应用将越来越广泛。

在汽车运行材料中，由于石油是不可再生资源，目前世界各国都在研究替代能源，其中包括各种高效节能添加剂，汽车燃料今后将向汽油、柴油、天然气、液化石油气、电能、光能、氢气、醇类、二甲醚及生物能（生物柴油）等多极模式发展。润滑剂及特种液将向安全、环保、节能及长效等方向发展，相信随着科技水平的不断提高，更多的新材料将不断在汽车上得到应用。



金属材料的基础知识

【本章基本要求】

1. 掌握金属材料的性能，纯金属及合金的晶体结构及结晶过程。
2. 本章重点难点：
 - 1) 力学性能的概念及其所包含的强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等性能相关指标的测量方法。
 - 2) 金属材料常见的三种晶格类型。
 - 3) 纯金属的冷却曲线及结晶过程。
 - 4) 合金的概念、结构及结晶过程。
 - 5) 合金性能与相图的关系。

第一节 金属材料的力学性能

在汽车制造领域，广泛应用的汽车工程材料主要是金属材料，因为它具有良好的使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在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；工艺性能是指金属材料在被加工过程中所表现出来的性能，包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

设计汽车构件时大多以其力学性能作为主要依据，金属材料的力学性能可以通过一系列试验来测定。力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

一、强度

1. 强度概念

金属材料在外力作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。强度的大小通常用应力来表示，符号为 σ ，单位为兆帕（MPa）。金属材料受到外力作用时，为了保持其形状不变，在材料内部产生与外力相对抗的力，这个力称为内力。应力就是单位面积上所承受的内力。

金属材料在使用过程中所受的外力又称为载荷。根据作用性质的不同，载荷分为静载荷、冲击载荷及交变载荷三种。

(1) 静载荷 静载荷是指大小不变或变化过程缓慢的载荷。如汽车在静止状态下，车身对车架的压力就是静载荷。

(2) 冲击载荷 冲击载荷是指在短时间内以较高速度作用在零件上的载荷。如汽车在坎坷的路面行驶时，车身对悬架的冲击就是冲击载荷。

(3) 交变载荷 交变载荷是指大小和方向随时间作周期性变化的载荷。如在行驶中的汽车,其运转的发动机曲轴、齿轮等所承受的载荷就是交变载荷。

根据作用方式的不同,载荷又可分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷和扭转载荷五种,如图 1-1 所示。

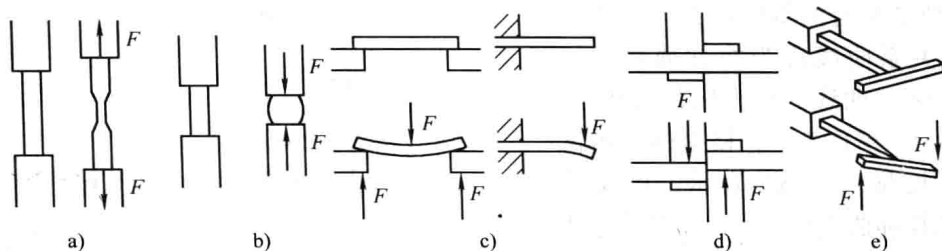


图 1-1 载荷的作用方式

a) 拉伸载荷 b) 压缩载荷 c) 弯曲载荷 d) 剪切载荷 e) 扭转载荷

金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力按下列公式计算

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 F ——外力,单位为 N;

S ——横截面积,单位为 mm^2 。

根据外力作用方式的不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度五种。通常情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标,抗拉强度可以通过拉伸试验机(见图 1-2)测得。

2. 拉伸试验

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的,试验前应预先将待试验的金属材料制成标准形状和尺寸的“拉伸试样”,试样形状如图 1-3 所示。

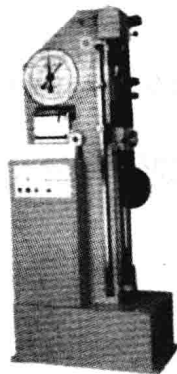
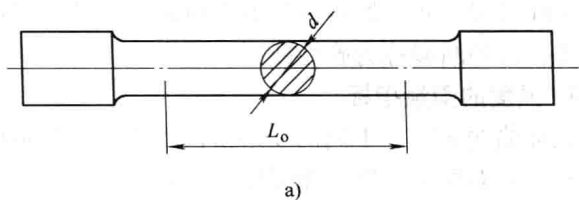
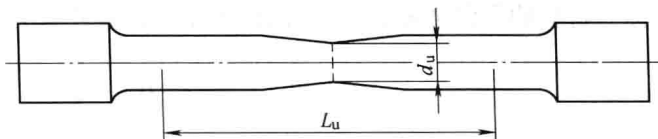


图 1-2 拉伸试验机



a)



b)

图 1-3 拉伸试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

为了研究金属材料在拉伸载荷作用下的变形和断裂过程,通常将退火低碳钢制成拉伸试

样装夹在拉伸试验机上, 然后缓慢增加拉力, 试样标距的长度将逐渐增加, 达到一定程度后, 标距的某一截面突然变细, 直至断裂。如图 1-3 中 d 为试样的直径, L_0 为标距的长度。根据 L_0 与 d 的关系, 试样分为长试样 ($L_0 = 10d$) 和短试样 ($L_0 = 5d$) 两种。

3. 拉伸曲线

拉伸试验时测得的拉力与伸长量之间的关系曲线称为拉伸曲线, 如图 1-4 所示。曲线的纵坐标表示外力, 用 F 表示, 单位为 N; 横坐标表示试样的伸长量, 用 ΔL 表示, 单位为 mm。从拉伸曲线可以看出, 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 ($O-e$) Oe 为一直线, 即外力与伸长量成正比, 此时如果卸载, 试样变形立即消失, 这种随载荷消失而消失的变形称为弹性变形。

(2) 屈服阶段 ($e-s$) 弹性变形后, 当外力继续增大时, 试样将产生塑性变形, 在 s 点附近曲线上出现了平台或锯齿形状, 此时外力不增大但变形仍在进行, 这一现象称为屈服。

(3) 强化阶段 ($s-b$) 屈服之后材料产生了加工硬化现象, 若要试样继续变形就必须增大外力。此阶段试样的变形是均匀的, F_m 为拉伸试验的最大外力。

(4) 缩颈阶段 ($b-z$) 当外力达到最大值 F_m 之后, 试样的某一截面发生收缩, 称为缩颈。由于缩颈处横截面积的减少, 试样承受外拉力的能力迅速下降, 直至断裂。

应该指出, 对于塑性特点突出的低碳钢等材料在断裂前有明显的塑性变形, 而这种断裂称为韧性断裂。此外如铸铁等脆性材料, 在尚未出现明显塑性变形时就断裂, 没有屈服、缩颈阶段, 这种断裂称为脆性断裂。

4. 强度的衡量指标

拉伸曲线表明, 不同的变形阶段可用不同的强度指标来衡量, 但在实际生产中最主要的强度指标只有两个, 即屈服强度与抗拉强度。

(1) 屈服强度 拉伸曲线上 s 点处的水平线表明外力不增大而变形仍在进行, 这时的应力称为材料的屈服强度, 用符号 R_{eL} 表示, 计算公式为

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

式中 F_s ——材料屈服时的最小拉力, 单位为 N;

S_0 ——拉伸试样的原始横截面积, 单位为 mm^2 。

有些材料如铸铁、高碳钢、淬火钢等的拉伸曲线上没有明显的屈服平台, 工程上规定将试样产生 0.2% 残余伸长时的应力值定为这些材料的条件屈服强度, 用 $R_{p0.2}$ 表示。

机械零件如果在工作过程中所受应力低于材料屈服强度 R_{eL} 与条件屈服强度 $R_{p0.2}$ 则不会产生塑性变形; 若受力过大, 就会因为产生过量的塑性变形而失效, 材料屈服强度与条件屈

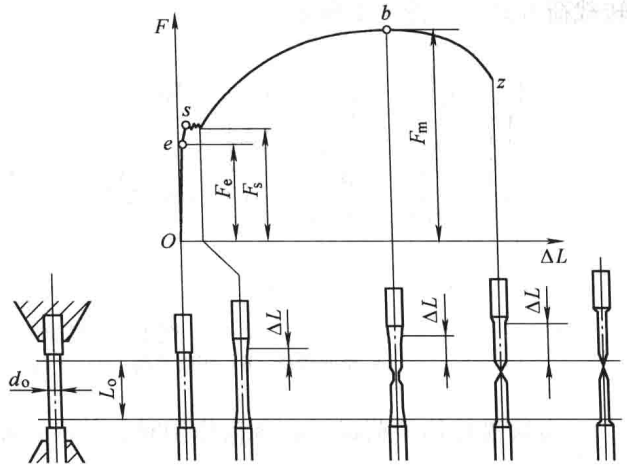


图 1-4 低碳钢的拉伸曲线



屈服强度越大,允许的工作应力就越高,零件的横截面积尺寸及自身质量就可以减小,所以屈服强度 R_{eL} 与条件屈服强度 $R_{p0.2}$ 是衡量金属材料塑性变形抗力的指标和零件设计的重要依据。

(2) 抗拉强度 试样在拉断前所能承受的最大应力为该试样的抗拉强度,用符号 R_m 表示,计算公式为

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

式中 F_m ——试样断裂前所承受的最大拉力,单位为 N;

S_0 ——拉伸试样的原始横截面积,单位为 mm^2 。

机械零件在工作时是不允许发生塑性变形的,即零件所受的外加应力不应大于该材料的屈服强度数值,否则零件就会因过量的塑性变形而失效。

部分汽车常用零部件的常用材料及抗拉强度见表 1-1。

表 1-1 部分汽车常用零部件的常用材料及抗拉强度

零件名称	材料	抗拉强度 R_m/MPa
活塞	锻铝合金	432 ~ 440
活塞销	合金渗碳钢	830 ~ 835
蜗轮	铸造锡青铜	550 ~ 600
差速器壳体	球墨铸铁	400 ~ 450
气缸套	球墨铸铁	600 ~ 800
气缸体	灰铸铁	330 ~ 350

二、塑性

塑性是指金属材料在外力作用下,产生永久性变形而不断裂的能力。塑性指标也是通过拉伸试验测得的,塑性大小用塑性的两个指标来表示。

1. 断后伸长率

试样被拉断后,标距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,计算公式为

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

式中 L_u ——试样拉断后的标距,单位为 mm;

L_0 ——试样的原始标距,单位为 mm。

长试样的断后伸长率用 $A_{11.3}$ 表示,短试样的断后伸长率用 A 表示。断后伸长率的数值与试样的标距长短有关,也就是说 A 的大小受试样尺寸的影响。

2. 断面收缩率

试样被拉断后,断口处横截面积的缩减量与试样原始横截面积的百分比称为断面收缩率,用符号 Z 表示,计算公式为

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