

高等职业技术教育规划教材

汽车材料

李明惠 主编



 机械工业出版社
China Machine Press



高等职业技术教育规划教材

汽车材料

主 编 李明惠
参 编 石中生
张彦如
汪新锋
主 审 卢晓春



机械工业出版社

本书适应于高职汽车运用与维修专业的“汽车材料”课程的教学需要。主要介绍了现代汽车应用的各类相关材料,如黑色金属、有色金属、非金属材料等的力学性能、组织结构、材料强化技术及其在汽车上的应用实例,以及常用汽车运行材料如汽车燃料、汽车润滑材料、汽车工作液、汽车轮胎和汽车美容材料的特性和运用。

本书适合作为高等职业技术学院和高等专科学校汽车类专业的基础课程教材,也可供有关专业技术人员、汽车维修技师和汽车维修工参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料/李明惠主编. —北京:机械工业出版社,

2002.7

高等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-10544-3

I. 汽… II. 李… III. 汽车-工程材料-高等学校:技术学校-教材 IV. U465

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 048753 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:姚毅 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·13 印张·317 千字

0 001—3 000 册

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

编写说明

随着国民经济的迅速发展，汽车行业已成为我国的支柱产业。近年来，我国汽车保有量迅速增加；同时为满足环保、节能、安全性和舒适性等要求，现代汽车上已采用了许多新结构和新技术，尤其是随着计算机技术、控制技术的发展，各种先进的电控系统在汽车中得到广泛的应用，给汽车的生产、使用和维修等带来了许多新问题。因此，迫切需要与之相适应的职业技术教材，为培养应用型人才服务。

本套教材是由机械职业教育汽车专业教学指导委员会组织编写的，一套共7种。它们是《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车使用性能与检测》、《汽车材料》、《电控发动机维修》和《汽车自动变速器维修》。该套教材的特点是面向高等职业技术教育，兼顾中等职业技术教育，既有较强的理论性、实践性，又有较强的综合性，并根据高等职业教育的特点，在内容上加强了针对性和应用性，以保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位的职业教育特色，力求把传授知识与培养能力有机地结合起来。

本套教材的编者均来自教学第一线，有着丰富的教学经验和扎实的专业知识基础。他们对于当今的教改形势、专业设置等，有着深刻的体会和认识。这些无疑为编写出具有创新性、适用性的高水平教材奠定了良好的基础。

本套教材的编写得到了机械职业教育汽车专业教学指导委员会各委员及相关院校的大力支持，在此表示衷心的感谢。

机械职业教育汽车专业
教学指导委员会
2002年4月

前 言

《汽车材料》作为汽车运用与维修专业的一门专业技术课教材,是学好后继专业课程的基础。通过本课程的学习,学生对汽车采用的各种材料将有一个较全面的、概括性的了解,初步掌握常用汽车材料的性能,具备合理选材及应用的基本能力。

根据 21 世纪高等职业技术教育人才特点,以及汽车运用及维修专业人才的素质要求、业务范围、知识和能力结构等方面的要求,《汽车材料》教材在内容上应根据汽车行业的特点介绍相关材料的基础知识及应用。

随着汽车新技术、新材料的不断应用,汽车材料涉及到汽车工程材料、汽车运行材料以及各种汽车功能材料等多种材料的领域。作为一门主要专业基础课程,“汽车材料”课程应更加实用化、综合化。因而,《汽车材料》教材的改革势在必行,必须打破原有课程覆盖面窄、内容陈旧、理论性太强等弊病,按照高等职业教育教学的要求,调整教材内容,优化整合理论知识,加强实用知识和生产实例,使本教材切实可行地应用于汽车专业教学之中。

在本教材的编写过程中,认真贯彻了国家教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》文件的精神,按照汽车运用与维修专业对本门课程知识点的要求,在内容上以必需、够用为度,力求体现出实用性特色,并及时反映汽车新材料、新技术和新成果,着重培养学生的基本能力和基本技能。

本书分章节介绍了汽车工程材料的性能、组织结构,材料的强化技术和实际应用,介绍了现代汽车应用的各类工程材料,如金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料、功能材料等的特性和应用实例,以及常用汽车运行材料如汽车燃料、汽车润滑材料、汽车工作液、汽车轮胎和汽车美容材料的特性和运用实例。

全书共有九章。其中,绪论、第四章、第五章的第一、二、三、四、八、九节由广东交通职业技术学院李明惠编写;第一章、第二章由湖南机电职业技术学院石中生编写;第六章、第七章、第八章由安徽汽车工业学校的张步如编写;第三章、第五章的第五、六、七节,第九章由北京汽车工业学校汪新锋编写;由李明惠任主编并负责全书统稿。

本书由广东交通职业技术学院卢晓春副教授负责主审,并得到李军、刘越琪副教授的大力支持,在此深表感谢。在本书的编写过程中,我们参考了大量资料和文献,在此,对原作者一并表示深切的谢意。

由于本书编写时间短,编写者水平有限,难免有缺点甚至错误,欢迎读者批评指正,以便修改再版。

编 者

2002 年 4 月

目 录

前言		
绪论	1	
第一章 金属材料的力学性能	8	
第一节 钢铁材料的生产	8	
第二节 强度与塑性	9	
第三节 硬度	12	
第四节 韧性及疲劳	14	
复习思考题	15	
第二章 钢铁材料	17	
第一节 金属的晶体结构与结晶	17	
第二节 铁碳合金	22	
第三节 碳钢	27	
第四节 钢的热处理	29	
第五节 合金钢	38	
第六节 铸铁	46	
第七节 粉末冶金材料简介	51	
复习思考题	53	
第三章 有色金属及其合金	55	
第一节 铝及铝合金	55	
第二节 铜及铜合金	60	
第三节 滑动轴承合金	66	
第四节 其他有色金属简介	68	
复习思考题	71	
第四章 汽车零件的选材	72	
第一节 零件的失效分析	72	
第二节 零件的选材原则	74	
第三节 典型汽车零件的选材	77	
复习思考题	85	
第五章 非金属材料	86	
第一节 橡胶	86	
第二节 玻璃	91	
第三节 摩擦材料	94	
第四节 塑料	95	
第五节 陶瓷材料	100	
第六节 复合材料	106	
第七节 胶粘剂	111	
第八节 涂装材料	114	
第九节 隔热、隔光、隔声及密封材料简介	117	
复习思考题	119	
第六章 汽车燃料	120	
第一节 石油与石油产品的基础知识	120	
第二节 汽油	125	
第三节 轻柴油	133	
第四节 汽车新能源	140	
第五节 油料的技术管理	144	
复习思考题	148	
第七章 汽车润滑材料及工作液	149	
第一节 发动机润滑油	149	
第二节 汽车齿轮油	156	
第三节 汽车润滑脂	159	
第四节 汽车制动液	162	
第五节 液力传动油	166	
第六节 汽车其他工作液	169	
第七节 在用润滑油的质量监测	173	
复习思考题	180	
第八章 汽车轮胎	181	
第一节 轮胎的作用、分类及组成	181	
第二节 轮胎的合理使用	185	
第三节 新型轮胎简介	189	
复习思考题	192	
第九章 汽车美容材料	193	
第一节 常用汽车美容材料的品种与分类	194	
第二节 常用汽车美容材料的选用及美容护理工艺	197	
复习思考题	199	
参考文献	200	

绪 论

材料是人类生产和生活所必需的物质，人类社会的发展过程中各种材料不断被开发和利用。目前，世界上已存在的自然材料和人工材料有近百万种，自然材料仅占 1/20，其余均为人工材料。世界上绝大多数的生产和生活用品是采用人工材料制造的。在现代工业中，材料、能源、信息被看作三大支柱，而能源和信息的发展，在某种程度上又依赖于材料的进步。因此，材料科学在现代工业中占有举足轻重的地位。

同样，材料也是汽车工业的基础。汽车工业作为现代工业社会的一个重要标志，带动和促进着石油、化工、电子、材料等工业，以及交通运输、旅游等 30 余个其他行业的发展，在国民经济中占有着重要的地位。据统计，世界上每年钢材产量的 1/4、橡胶产量的 1/2、石油产品的 1/2，均用于汽车及其相关工业。

据统计，汽车上的零部件采用了 4 千余种不同的材料加工制造。从汽车的设计、选材、加工制造，到汽车的使用、维修和养护，无一不涉及到材料。以现代轿车用材为例，按照重量来换算，钢材占汽车自重的 55% ~ 60%，铸铁占 5% ~ 12%，有色金属占 6% ~ 10%，塑料占 8% ~ 12%，橡胶占 4%，玻璃占 3%，其他材料(油漆、各种液体等)占 6% ~ 12%。在本书中，我们将系统地介绍汽车应用材料的基础知识，使学生对汽车上应用的各种工程材料及汽车在运行过程中使用的各种运行材料有基本的了解。

一、汽车材料概述

汽车材料是指生产汽车，以及汽车在运行过程中所用到的材料。按照用途来分，一般将其划分为汽车工程材料和汽车运行材料。

(一) 汽车工程材料

工程材料主要是指用于机械、车辆、船舶、建筑、化工、能源、仪器仪表、航空航天等工程领域中的材料。它既包括用于制造工程构件和机械零件的材料，也包括用于制造工具的材料和具有特殊性能的材料。汽车工程材料是指用于制造汽车零部件的材料。

汽车工程材料大致可分为金属材料和非金属材料两大类。常用的汽车工程材料，如图 0-1 所示。

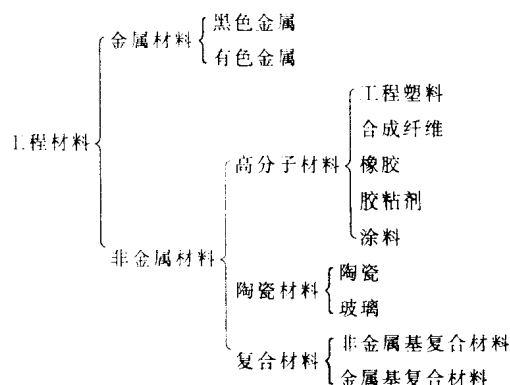


图 0-1 常用汽车工程材料的分类

1. 金属材料

金属材料是目前汽车上应用最广泛的工程材料。工业上,通常把金属材料分为两大部分:黑色金属和有色金属。黑色金属是指钢铁材料;有色金属是指除钢铁材料以外的所有金属材料,如铝、铜、镁及其合金。按照特性来分,有色金属又可分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属和放射性金属等多个种类。

钢铁材料在我国汽车工业生产中仍占主流地位。一辆中型载货汽车上钢铁材料约占汽车总重量的 3/4。钢铁材料最大的特点是价格低廉,比强度(强度/密度)高,便于加工,因而得到广泛的应用。汽车用钢铁材料有钢板、结构钢、特殊用途钢、钢管、烧结合金、铸铁及部分复合材料等,主要用于制造车架、车轴、车身、齿轮、发动机曲轴、缸体、罩板、外壳等零件。

有色金属因具有质轻、导电性好等钢铁材料所不及的特性,在现代汽车上的用量呈逐年增加的趋势。例如:铝合金材料具有密度低、强度高和耐蚀性好的特性,在轿车的轻量化中占举足轻重的地位。据统计,近 10 年来,轿车上的铝及其合金用量已从占汽车总量的 5% 左右上升至 10% 左右。此外,采用新型镁合金制造的凸轮轴盖、制动器等零部件,可以减轻重量和降低噪声。在轿车制造行业,采用铝、镁、钛等轻金属替代钢铁材料减轻自重,是轿车轻量化的一个重要手段。

2. 高分子材料

高分子材料属于有机合成材料,亦称聚合物。高分子材料可分为天然高分子材料(如蚕丝、羊毛、油脂、纤维素等)和人工合成高分子材料。后者因具有较高的强度、良好的塑性、较强的耐腐蚀性、很好的绝缘性和较轻的质量等特点,很快成为工程上发展最快、应用最广的一类新型结构材料。在工程上,根据人工合成高分子材料的力学性能和使用状态,一般将其划分为塑料、合成纤维、橡胶、胶粘剂和涂料等种类。

塑料主要指强度、韧性和耐磨性较好的,可用于制造某些零部件的工程塑料。塑料具有价廉、耐蚀、降噪、美观、质轻等特点,它正式应用于汽车始于 20 世纪 60 年代石油化工工业的兴盛期。现代汽车上的许多构件,如汽车保险杠、汽车内饰件、高档车用安全玻璃、仪表面板等零部件,均采用工程塑料制造,与钢铁材料相比更具有安全性,并可降低造价,大大改善了汽车的安全性、舒适性和经济性。

其他高分子材料在汽车上也有着广泛的应用。合成纤维是指由单体聚合而成具有很高强度的高分子材料,如常见的尼龙、聚酯等。汽车的座垫、安全带、内饰件等,多数是由合成纤维制造的。橡胶通常用来制造汽车的轮胎、内胎、防振橡胶、软管、密封带、传动带等零部件;各种胶粘剂起到粘接、密封等作用,并可简化制造工艺;各种车用涂料对车身的防锈、美化及商品价值有不可忽视的作用。

3. 陶瓷材料

陶瓷材料是人类最早利用自然界提供的原料进行加工制造而成的材料,具有耐高温、硬度高、脆性大等特点。陶瓷材料属于无机非金属材料,主要为金属氧化物和非金属氧化物。传统的陶瓷多采用粘土等天然矿物质原料烧制,而现代陶瓷则多采用人工合成的化学原料烧制。典型的工业用陶瓷材料有普通陶瓷、玻璃和特种陶瓷等。

普通陶瓷(传统陶瓷)主要为硅、铝氧化物的硅酸盐材料;特种陶瓷(现代陶瓷)主要为高熔点的氧化物、碳化物、氮化物、硅化物等的烧结材料。近年来,还发展了金属陶瓷,主要

指用陶瓷生产方法制取的金属与碳化物或其他化合物的粉末制品。陶瓷在汽车上的最早应用是制造火花塞。现代汽车中，陶瓷的用途得到大大的拓展：一部分陶瓷作为功能材料被用于制作各种传感器，如爆振传感器、氧传感器、温度传感器等部件；另一部分陶瓷则作为结构材料用于替代金属材料制作发动机和热交换器零件。近年来，一些特种陶瓷用于制造发动机部件或整机、气体涡轮部件等，可以达到提高热效率、降低能耗、减轻自重的目的。

玻璃的主要成分是 SiO_2 。汽车上使用的玻璃制品主要为窗玻璃，要求其具有良好的透明性、耐候性(对气温变化不敏感)、足够的强度和很高的安全性。因而，车用玻璃必须是安全玻璃，主要有钢化玻璃、区域钢化玻璃、普通复合玻璃和 HPR 夹层玻璃等几种类型。其中，HPR (High Penetration Resistance) 夹层玻璃是指具有高穿透抗力的夹层玻璃。当车受到冲撞时，乘员若撞到车窗玻璃，HPR 玻璃不会被击穿，从而避免了乘员因玻璃碎裂而受伤的危险。在欧美等国家，已规定前挡风玻璃只允许使用 HPR 夹层玻璃。

4. 复合材料

复合材料是指由两种或两种以上不同材料组合而成的材料。由于它是由不同性质或不同组织结构的材料以微观或宏观形式组合形成的，不仅保留了组成材料各自的优点，而且具有单一材料所没有的优异性能，在强度、刚度、耐蚀性等方面比单纯的金属材料、陶瓷材料和高分子材料都优越。

原则上来说，复合材料可以由金属材料、高分子材料和陶瓷材料中任意两种或几种制备而成。按基体材料的种类来分，复合材料可分为非金属基复合材料和金属基复合材料两大类。非金属基复合材料是指以聚合物、陶瓷、石墨、混凝土为基体的复合材料，其中纤维增强聚合物基和陶瓷基复合材料最常用；金属基复合材料是指以金属及其合金为基体，与一种或几种金属或非金属增强的复合材料。

复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的工程材料。它起初主要应用于宇航工业，近年来在汽车工业中也逐步得到应用。对于汽车车顶导流板、风挡窗框等车身外装板件，采用纤维增强复合材料(FRP)制造，具有质轻、耐冲击、便于加工异形曲面、美观等优点；汽车柴油发动机的活塞顶、连杆、缸体等零件，采用纤维增强金属(FRM)来制造，可显著提高零件的耐磨性、热传导性、耐热性，并减小热膨胀。

(二) 汽车运行材料

汽车运行材料通常是指汽车赖以运行并且在运行过程中因消耗而需不断补充、更新的消耗性材料。主要包括燃料、润滑油、工作液及轮胎等。这些材料大多属于石油产品。汽车运行材料的大致分类如图 0-2 所示。

据统计，1998 年底，全国汽车社会保有量为 1450 万辆，而到 2000 年全国汽车保有量已达到 1800 万辆，汽车数量的迅速增加，使得运行材料的消耗量也随之上升。据资料介绍，美国汽车耗去全社会精炼石油产品的 50%、橡胶制品的 60%。我国汽车消耗的汽油量占总产量的 80% 左右，柴油占 10% 左右。同时，随着汽车结构、性能和运行条件的变化，以及引进国外新型汽车和先进汽车技术等，对汽车运行材料也提出了更高的要求，使燃料、润滑剂和轮胎等的新品种、新规格也不断增多。因此，了解汽车运行材料的性能和规格，掌握使用技术和管理知识，对充分发挥汽车的使用性能、保证安全运行、节约能源、减少环境污染、降低运输成本都有着重要的意义。

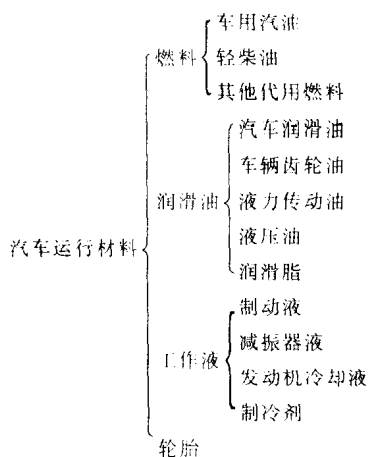


图 0-2 汽车运行材料的分类

1. 燃料

燃料通常指能够将自身贮存的化学能通过化学反应(燃烧)转变为热能的物质。汽车燃料主要指汽油和轻柴油。汽油作为点燃式发动机(汽油机)的主要燃料,是从石油提炼出来的密度小、易于挥发的液体燃料。轻柴油(可简称柴油)是车用高速柴油机的燃料。与汽油相比,轻柴油的密度较大,易自燃。

2. 车用润滑油

汽车用润滑油主要包括发动机润滑油、汽车齿轮油和汽车润滑脂、液力传动油、液压油等。由于汽车可运行的地域辽阔,各地区的气候条件相差很大,因而对车用润滑油的要求比一般的润滑油更高。汽车发动机润滑油的主要功用是对汽车摩擦零件间(曲轴、连杆、活塞、汽缸壁、凸轮轴、气门)进行润滑,除此以外,性能优良的发动机润滑油还应具有冷却、洗涤、密封、防锈和消除冲击负荷的作用。汽车齿轮油是用于变速器、后桥齿轮传动机构及传动器等传动装置机件摩擦处的润滑油,它可以降低齿轮及其他部件的磨损、摩擦,分散热量,防止腐蚀和生锈,对保证齿轮装置正常动转和齿轮寿命具有十分重要的作用。

润滑脂是指稠化了的润滑油。与润滑油相比,润滑脂蒸发损失小,高温、高速下的润滑性好,附着能力强,还可起到密封作用。

3. 汽车工作液

汽车用制动液、减振器液、冷却液及制冷剂等,统称为汽车用工作液。

制动液是汽车液压制动系中传递压力的工作介质,俗称刹车油,是液压油中的一个特殊品种。发动机冷却液是对发动机冷却系统的冷却介质。其中防冻冷却液不仅具有防止散热器冻裂的功能,而且具有防腐蚀、防锈、防垢和高沸点(防开锅)的功能,可以有效地保护散热器,改善散热效果,提高发动机效率,保障汽车安全行驶。减振器液是汽车减振器的工作介质。它利用液体流动通过节流阀时产生的阻力起到减振作用。制冷剂是汽车空调器工作介质。它在空调器的系统中循环,不断地被压缩和膨胀,在膨胀蒸发时吸热,达到制冷的目的。

4. 轮胎

轮胎的主要作用是支承全车重量,与汽车悬架共同衰减汽车行驶中产生的振荡和冲击,支持汽车的侧向稳定性,保证车轮与路面有良好的附着性能。汽车轮胎以橡胶为原料制成。

世界上生产的橡胶约 80% 用于制造轮胎。轮胎的费用占整个汽车运输成本的 25% 左右。轮胎使用性能的好坏, 直接影响着车辆的安全性、行驶稳定性和经济性。随着车辆行驶速度的不断提高, 对轮胎的技术和安全要求也越来越高。掌握轮胎特征, 正确地使用养护轮胎, 可以延长轮胎的使用寿命, 降低汽车的运行成本。

20 世纪 80 年代以来, 随着我国汽车工业的迅速发展及大量国外先进汽车的引进, 汽车的种类越来越多, 结构越来越复杂、性能越来越高, 促使我国汽车运行材料的生产及应用水平迅速提高。现在, 国家新的车用燃料分类标准已经颁布。我国大部分运行材料骨干生产企业, 已经能够批量生产相当数量的中高档燃料和高性能车用轮胎, 不少产品的性能、品质已接近或达到国际同类产品的水平。国产汽车运行材料的生产及应用水平与国际先进水平的差距正在逐步缩小。

总之, 汽车运行材料的生产与应用, 在很大程度上依赖于汽车制造业的发展。而汽车运行材料生产及应用水平的提高, 反过来又对汽车制造业的进步给以强有力的推动作用, 两者相辅相成。国外发达国家汽车运行材料的生产及应用, 一直摆在与汽车制造技术同等重要的地位。汽车运行材料的开发研究及应用研究, 是与汽车新产品开发同步进行的, 有时甚至超前于汽车新产品的开发。

二、汽车材料的使用模式与选用原则

汽车应用材料是多种多样的, 汽车材料的合理选用是汽车工业发展的重要因素。汽车各种材料的使用模式如图 0-3 所示。

选择适合的材料是设计和制造产品的必要条件。汽车选材也不例外, 必须遵循材料的选择原则。由于材料的种类繁多, 性能、作用和应用场合也各不相同, 材料的选择主要从三方面进行:

- 1) 材料的使用性能。所选用材料制造的零件在使用过程中具有良好的工作性能。
- 2) 材料的工艺性能。所选用材料能够确保零件便于加工。
- 3) 经济性。所选用的材料能使产品具有较低的总成本。

三、汽车材料的发展前景

汽车工业的发展一直是与汽车材料及材料加工工艺的发展同步的。现代社会中, 人们对汽车的要求从代步、运输逐渐转向多功能。因此, 现代汽车要满足安全、舒适、自重轻、污染排放低、能耗小、价格低等要求, 首先就要从材料方面考虑。总体来说, 随着现代新技术、新材料的不断开发应用, 以及现代社会人们生活水平和环境意识的提高, 汽车轻量化和减少污染已成为汽车工业发展的主流方向。

1. 汽车工程材料的发展

对于汽车工程材料来说, 其总的发展趋势是: 结构材料中钢铁材料所占比例将逐步下降, 有色金属、陶瓷材料、复合材料、高分子材料等新型材料的用量将有所上升。在性能可靠的条件下, 尽可能多地采用铝合金、复合材料等轻型、新型材料取代钢铁材料。随着大量新材料, 如高分子材料、复合材料等的迅速发展, 为现代汽车的发展提供了必要的条件。复合材料、陶瓷材料、特殊用途材料(耐蚀、耐高温、隔光、隔热材料等)的用量呈增长趋势。

为了满足汽车轻量化的要求, 汽车上采用了纤维增强聚合物基复合材料(FRP)、铝合金或纤维增强金属基复合材料(FRM)材料取代原有的钢结构零件; 采用新型高强度陶瓷材料制造汽车发动机部件乃至整机; 运用碳纤维增强树脂基复合材料(CFRP)制造驱动轴等。此外,

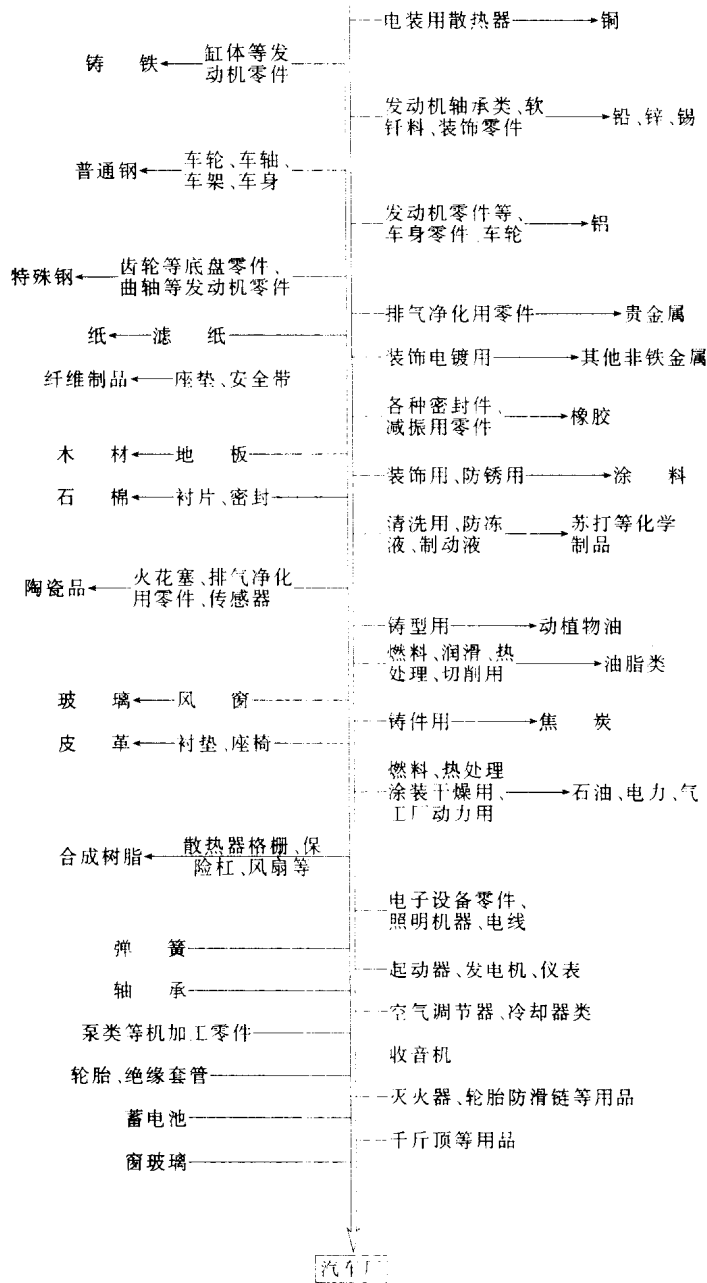


图 0-3 汽车材料的使用模式

汽车运行材料趋向采用绿色环保材料或燃料。这些措施，使汽车向轻量化、高效、节能、低噪声、高舒适度以及高安全性方向发展。

近年来刚刚发展起来的纳米材料，对传统材料带来一定的冲击。与常规材料相比，纳米材料体现出许多新奇特特性，其光、热、电磁等物理性质与常规材料不同。比如，纳米金属材料的电阻率会随尺寸的变化而变化；氧化物纳米材料对红外线微波有良好的吸收特性和光致发光现象。另外，由于纳米材料的化学性质也与常规材料截然不同，可开发出许多在传统工艺中难以生产的材料。例如，将金属纳米颗粒放入常规陶瓷中可大大改善材料的力学性质，

放入金属或合金中可以使晶粒细化，纳米氧化铝加到透明玻璃中，既不影响透明度又提高了抗高温冲击的能力。

正在研究的纳米陶瓷材料在硬度、韧度和变形性等方面较传统陶瓷将有突破性的发展，既可降低成本，又可提高经济效益；此外，纳米技术还广泛应用于汽车玻璃、纳米塑料合成、橡胶改性等方面。据记载，日本本田汽车现在已经制造出体积仅有米粒大小而且能开动的汽车。

对于汽车制造业，纳米技术也在近年来不断被开发。在汽车纳米材料和技术的开发中，迄今为止所取得的有实用价值的成果是生产了微电子零部件，这些部件最常应用于汽车安全气囊的传感器。由我国最近研发的纳米汽油是纳米技术在汽车上的又一个具体应用。纳米汽油具有节约燃油、降低污染、改善车辆性能等特点。据测，在汽油中加入微乳化剂制成的纳米汽油，油耗可以降低 10% ~ 20%，动力性能提高 25%，尾气排放污染物可降低 50% ~ 80%。

2. 汽车运行材料的发展

现代汽车的结构日趋复杂，性能日益提高，汽车运行时的热负荷、机械负荷不断强化，加上世界性能源危机加剧，据预测，石油资源只能供给全世界使用到 2040 ~ 2050 年左右。石油资源日渐枯竭匮乏，人类赖以生存的大气环境、生态环境恶化加剧。为了兼顾汽车、能源、环境三者的需要，今后汽车运行材料必然要朝着多功能、高性能、低消耗、寿命长、节能、低污染(包括低排放、低噪声)的方向发展。目前，在汽车用燃料方面，世界各国都在研究采用新型燃料炼制和应用技术，包括研制采用各种高效、节能燃料添加剂，不断提高燃料品质、性能和应用水平。一些工业发达国家研究用新型能源(氢、电、太阳能等)代替或部分取代传统车用燃料——汽油、柴油的工作已取得进展。燃氢汽车、蓄电池电动车、光电池电动车等各种能源汽车的前期样车或模型车已经问世。可以预料在不久的将来，随着燃料工业、汽车制造业和低温超导、蓄电池技术的进步，汽车燃料用传统的汽油、柴油一统天下格局将被打破。

在汽车润滑材料方面，由于润滑材料添加剂、复合配方及综合炼制技术的高速发展，日、美、德等国已经开始生产所谓“超级强化通用型”发动机油和齿轮油，可适用于目前生产的所有汽车。这类发动机油、齿轮油的润滑性能高，抗氧化、抗腐蚀、去污和散热能力极强，性能稳定，使用寿命长，不受环境气温限制，可以全球全年通用。采用这类材料润滑的发动机，传动器摩擦小，工作零件表面可以始终保持光亮如新，没有油泥污染，降低燃料消耗及行车成本，延长零件使用寿命，实现不换油。目前，这类产品由于生产成本低、价格昂贵，尚未大批量投放市场推广应用。但是，未来汽车的润滑材料，无论是润滑油还是润滑脂，向“超级强化通用型”方向发展已是大势所趋。

此外，随着科学技术的不断进步，新材料、新工艺、新设备、新的配方设计和产品结构设计的不断涌现，特别是计算机应用技术的普及和发展，新型轮胎不断问世，如活面轮胎、无内胎轮胎、调压轮胎、拱形轮胎、子午线轮胎等，世界轮胎工业转向了技术革新和技术革命的方向，汽车轮胎产品也正朝着节能、轻量、高速、安全、耐用、舒适、低能耗、低噪声的方向发展。

当然，随着科技水平的不断进步和发展，相信会有更多的汽车新材料不断问世，不断应用于汽车行业之中。

第一章 金属材料的力学性能

什么是金属？什么是金属材料？比较科学的说法是具有正的电阻温度系数的物质，称之为金属。金属及其合金，统称为金属材料。金属材料主要通过冶炼和轧制得到。

金属材料的选择与使用，其主要依据就是其使用性能与工艺性能。

所谓使用性能，是指金属材料在使用过程中表现出来的性能，包括物理性能、化学性能和力学性能。

金属材料的物理性能是指金属材料受自然界中各种物理现象(温度、磁场、地心引力学)的作用，所表现出来的反抗能力。金属材料的物理性能主要有：密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性等。金属材料的化学性能是指金属材料抵抗氧化和腐蚀性介质侵蚀的能力，主要有耐腐蚀性、抗氧化性、耐酸碱性等。

金属材料的力学性能是指金属材料在载荷(外力)作用下表现出来的抵抗能力。常用的力学性能有强度、塑性、硬度、韧性和抗疲劳性等。显然，不同的载荷，将有不同的力学性能判据。材料的力学性能主要决定于材料的化学成分、组织结构、冶金质量、表面和内部的缺陷等内在因素，但一些外在因素如载荷性质、应力状态、温度、环境介质等也会对材料的力学性能有较大的影响。因此，力学性能不仅是零件设计和选择材料的重要依据，而且也是验收、鉴定材料性能的重要依据之一。

材料的力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度及断裂韧性等，用来表征材料力学性能的各种临界值或规定值均称为力学性能指标。材料的力学性能的优劣就是用这些指标的具体数值来衡量的。

所谓工艺性能，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、锻造性能、焊接性能、热处理性能和可加工性能等。

汽车应用材料主要以金属材料和非金属材料为主。由于非金属材料的性能指标及测试方法与金属材料相同或相似，所以本章主要以金属材料为例阐述工程材料的一般性能及主要指标，重点介绍材料的力学性能及相关指标。

第一节 钢铁材料的生产

金属材料是现代工业中最重要的工程材料，钢铁材料是应用最广泛的金属材料。钢铁材料的生产，主要有炼铁、炼钢、钢材生产等。

1. 炼铁

铁是钢铁材料的基本组成元素。在自然界，铁以各种化合物的形式存在，并同其他元素的化合物混在一起而成为铁矿石。炼铁本质上就是把铁从其他化合物中还原、分离出来，加入还原剂进行冶炼后，得到一种高碳的、同时含有硅、锰、硫、磷等杂质的铁碳合金，称之为生铁。由于生铁性硬而脆，一般不直接用作工程材料，主要用于炼钢；含硅量较高的生铁

可用于铸造。

2. 炼钢

由于生铁中含有较多的杂质和过多的碳，使其性能无法满足加工和使用的要求。为此，必须降低生铁中过量的碳及其他杂质的含量，采用的办法就是氧化。加入氧化剂，将杂质和碳氧化后，生成各种氧化物及 CO，最终以炉渣和气体的形式排除，这就是炼钢。由于氧化，钢中必然残留大量的 O_2 及 FeO，使其力学性能下降，故在炼钢过程中的后期还必须加入脱氧剂脱氧。常见炼钢方法有转炉炼钢法、平炉炼钢法、电炉炼钢法等。电炉炼钢法主要用于冶炼高级优质钢和合金钢，在汽车工业中应用较多。

3. 钢材生产

炼好的钢液大部分都浇注成钢锭，然后采用轧制、挤压、拉拔、锻造等压力加工方法，将钢锭加工成各种不同的形状、规格和尺寸的钢材，再投入使用。钢材的种类繁多，一般按其外形分为型材、板材、管材和线材等几大类。

(1) 型材 型材是钢材中最重要的一类，也是数量最多的一类。根据其断面形状，常见型材有圆钢、方钢、扁钢、六角钢、角钢、槽钢、工字钢、螺纹钢等。

(2) 板材 板材俗称钢板，一般包括中厚钢板、薄钢板、钢带(亦称带钢)和硅钢片等几大品种。

(3) 管材 管材的品种很多，一般主要以无缝钢管和焊接钢管(即有缝钢管)进行区分。无缝钢管由于其断面上没有接缝，所以强度远高于焊接钢管。

(4) 线材 线材的直径为 6~9mm 的圆钢及直径在 10mm 以下的螺纹钢，一般称之为线材。由于常盘成圆形供给，所以通常又称做盘圆和盘条。线材经过进一步拉伸加工即为钢丝。

第二节 强度与塑性

力学性能是最重要的使用性能，是选材和设计的主要依据。强度是指金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。塑性是指金属材料断裂前永久变形的能力。强度和塑性的判据主要通过拉伸试验测定。

要研究材料的力学性能，必须先了解零件所承受的载荷的性质和作用方式。根据载荷的性质，一般分为静载荷、冲击载荷和交变载荷。静载荷指载荷的大小和方向不变或变动极缓慢的载荷。汽车在静止状态下，车身对车架的压力属于静载荷。冲击载荷是指以较高速度作用于零部件上的载荷。当汽车在不平的道路上行驶时，车身对悬架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。根据载荷形式的不同，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。载荷的形式如图 1-1 所示。

金属材料受到载荷作用时，发生几何尺寸和形状的变化称为变形。变形一般分为弹性变形和塑性变形。所谓弹性变形，是指材料受到载荷作用时产生变形，载荷卸除后恢复原状的变形。而塑性变形则是指材料在载荷作用下发生变形，且当载荷卸除后不能恢复的变形，故也叫永久变形。

试验时先将被测金属材料制成标准试样，如图 1-2 所示。当 $L_0 = 10d_0$ 时，称为长

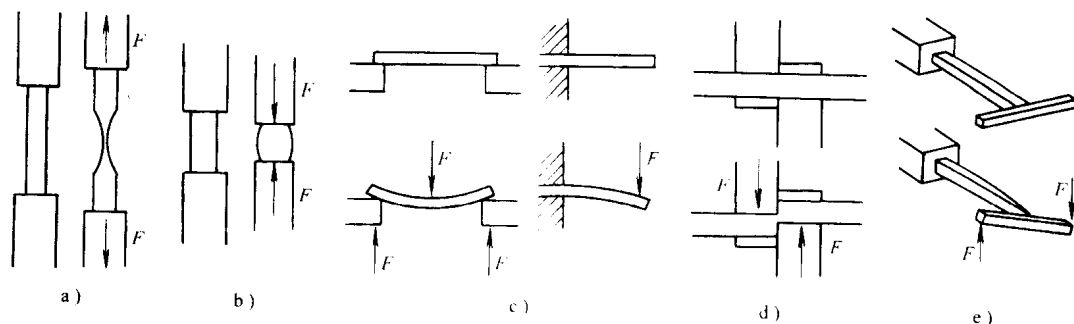


图 1-1 载荷的形式

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

试样； $L_0 = 5d_0$ 时，称为短试样。将试样装夹在拉伸试验机上，加载记录计算，即可算出强度和塑性的主要判据。载荷 F 和伸长量 ΔL 之间的关系曲线，称为拉伸曲线，如图 1-3 所示。

我们知道，材料受外力作用，将产生形变。随着作用力的增大，材料由弹性变形过渡到塑性变形，最终断裂。材料单位横截面积上的内力称为应力，用 σ 表示，单位伸长量称为应变，用 ϵ 表示；拉伸曲线可改成为 σ - ϵ 曲线。

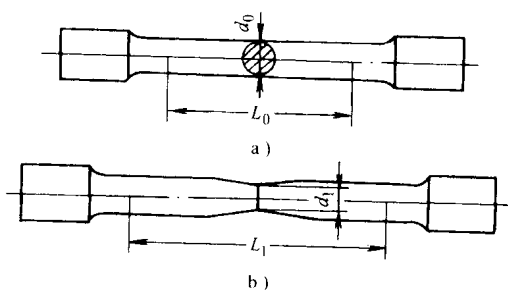


图 1-2 拉伸试样示意图

a) 拉伸前 b) 拉伸后

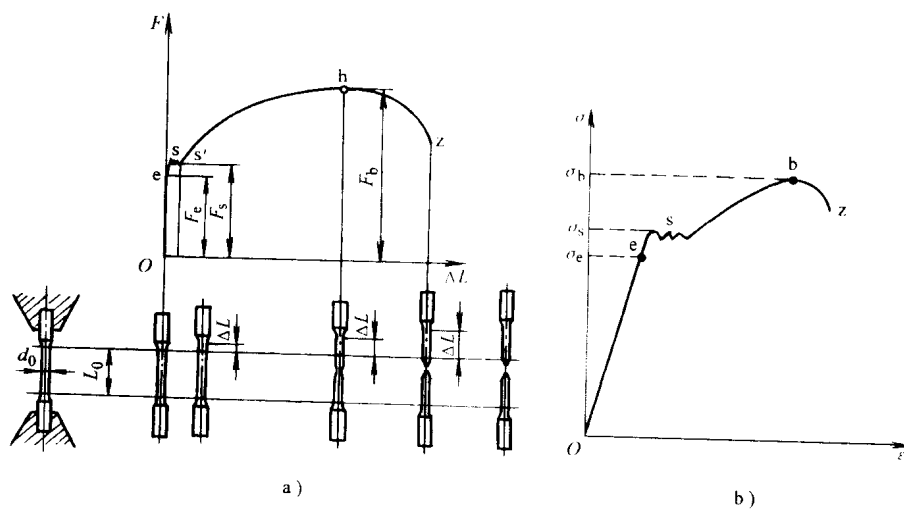


图 1-3 拉伸曲线示意图

a) F - ΔL 曲线 b) σ - ϵ 曲线

一、强度的主要指标

材料的强度是材料最重要的力学性能指标之一。

强度是指材料抵抗塑性变形或断裂的能力。根据所加载形式的不同，强度可分为抗拉强

度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 τ_b 等。

通常,采用拉伸试验来测定材料的强度与塑性的各种力学性能指标。

1. 弹性极限 σ_e 与弹性模量 E

材料产生完全弹性变形时所承受的最大应力值为弹性极限,用符号 σ_e 表示

$$\sigma_e = F_e / s_0$$

式中, σ_e 是弹性极限(MPa); F_e 是试样产生完全弹性变形的最大载荷(N); s_0 是试样原始横截面积(mm²)。

弹性零件在使用过程中,其工作应力不允许大于其弹性极限,否则将导致零件的失效和损坏,所以弹性极限是弹性零件(如弹簧)设计和选材的主要依据。

工程材料选用时还常考虑材料的弹性模量即刚度,它表示金属材料抵抗弹性变形的能力。 $E = \sigma / \epsilon$,即弹变应力(σ)与应变(ϵ)的比值。

2. 屈服点

表示在外力的作用下,材料刚开始产生塑性变形时的最小应力值,用符号 σ_s 表示

$$\sigma_s = F_s / s_0$$

式中, σ_s 是屈服点(MPa); F_s 是试样产生屈服时的最小载荷(N)。

不少脆性材料如铸铁等,在拉伸试验时没有明显的屈服(塑变)现象,难以测算其屈服点。此时规定用试样标距部分的残余伸长量(塑变量)为试样标距长度的0.2%时的应力值作为屈服强度,即规定残余伸长应力,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

零件在工作时一般不允许产生明显的塑性变形,所以 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 是机械零件选材和设计的依据。可以看出,同一材料的 σ_e 和 σ_s 在数值上是很接近的。

3. 抗拉强度

材料拉断前所承受的最大应力值,用符号 σ_b 表示

$$\sigma_b = F_b / s_0$$

式中, F_b 是试样断裂前所承受的最大拉伸力(N)。

σ_b 是设计和选材的重要依据。

二、塑性的主要指标

塑性是指材料在断裂前产生永久变形而不被破坏的能力。材料的塑性通常采用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 两个指标来表征。

1. 断后伸长率

试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比,用符号 δ 表示

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中, l_1 是试样断裂后的标距(mm), l_0 是试样的原始标距(mm)。

长试样与短试样的伸长率分别以 δ_{10} 和 δ_5 表示,习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。同种材料的 $\delta_5 > \delta_{10}$ 。

2. 断面收缩率

试样拉断后断口处(缩颈处)横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用 ψ 表示