



高等院校高职教育精品课程教材

汽车机械基础

主编 张鄂



QICHE JIXIE JICHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等院校高职教育精品

汽车机械基础

主编 张鄂

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是高等院校高职汽车类专业精品课程教材。本书以应用型人才培养为目的,整合了汽车工程材料、工程力学、机械设计基础和液压传动等内容,理论适度,概念清晰,重点突出,内容丰富,实用性强,体现了高等职业教育课程特色,使教材适应汽车类专业应用型人才培养的需求。

全书共分7章,内容包括绪论、汽车工程材料、工程力学基础、汽车常用机构、汽车常用机械传动、轴系零部件、汽车常用连接和液压传动。每章后还配有思考题与习题,方便教师布置作业,帮助学生系统全面和熟练地掌握教材所涉及的内容。

本书可作为高等职业技术学院汽车类专业的教材,也可作为成人高校、中职学校汽车类专业的教材,同时还可作为汽车行业从业人员岗位培训教材及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/张鄂主编.—北京:国防工业出版社,
2014.7

ISBN 978-7-118-09529-6

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车—机械学 IV.
①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 142404 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 396 千字

2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

我国汽车产业的快速发展,亟需大量的汽车技术应用型人才,“汽车机械基础”是汽车类各专业的必修专业基础课之一,对学生专业技能的发展非常重要。本书是以教育部教高[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》为指导,遵循“以全面素质为基础,以能力为本位,以企业需求为基本依据,以职业能力为导向”的原则,进行了一系列教学改革和探索实践后,并在总结多年教学经验的基础上编写的。本书是高等院校高职教育精品课程教材。

本书共分7章,主要讲述汽车工程材料、工程力学基础、汽车常用机构、汽车常用机械传动、轴系零部件、汽车常用连接和液压传动等。本书内容丰富,知识覆盖面较广,能满足对汽车类专业基本能力和基本技能的培养要求,及时反映汽车材料、新技术和新标准的应用。

本书的主要特色有以下几点:

(1)对传统教材进行了整合,教学内容的选取,保证了汽车运用技术专业所需的最主要、最基本内容,避免了相关内容的交叉与重叠,体现了高等职业教育课程特色,使教材适应汽车类专业应用型人才的需求。

(2)基本知识点的选取以“必需”、“够用”为原则,减少了理论推导,加强了汽车工程实例的运用,强化应用,突出实用,力求使教材从内容到形式上都能体现“理实结合、工学结合”的特点,注重理论与实践技能的有机结合,贯彻以应用能力培养为主的教育思想。

(3)在内容叙述上,按照教学规律和学生的认知规律,循序渐进,图文并茂,力求深入浅出,通俗易懂,语言简洁,直观形象,便于教学。

本书有着广泛的适用性,主要面向高等职业院校或高等专科院校,适合作为汽车类相关专业基础课教材,也可作为成人高校、中职学校汽车类专业的教材,同时还可作为汽车行业从业人员岗位培训教材及参考用书。

本书由西安交通大学、西安外事学院张鄂教授主编。参加编写工作的有:张鄂(绪论、第1~第5章)、王晓薇(第6章)、张新亚(第7章)、朱海明(附录A)。

本书的出版还得到了国防工业出版社毛俊权编辑,王娜、化永琦等同志的大力支持和帮助,在此一并深致谢意。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

绪 论	1
0.1 汽车及汽车工业的发展	1
0.2 汽车的总体构造	3
0.3 本课程的性质及任务	3
思考题与习题	4
第1章 汽车工程材料	5
1.1 金属材料的性能	5
1.1.1 金属材料的力学性能	5
1.1.2 金属材料的工艺性能	10
1.2 金属与合金的结构及铁碳合金相图	11
1.2.1 金属及合金的构造与结晶	11
1.2.2 铁碳合金的基本组织	15
1.2.3 铁碳合金相图	15
1.2.4 钢的热处理	18
1.3 汽车常用金属材料	21
1.3.1 常用钢铁材料	21
1.3.2 有色金属及合金	26
1.4 汽车非金属材料	30
1.4.1 高分子材料	30
1.4.2 陶瓷材料	32
1.4.3 复合材料	33
1.4.4 汽车玻璃	34
思考题与习题	35
第2章 工程力学基础	37
2.1 静力学基础	37
2.1.1 静力学的基本概念	37
2.1.2 受力分析与受力图	40
2.1.3 平面力系的简化与合成	45
2.1.4 平面任意力系的简化与平衡	52
2.2 构件基本变形和承载能力分析	55

2.2.1 承载能力分析研究任务及杆件变形的基本形式	56
2.2.2 轴向拉伸与压缩	58
2.2.3 剪切与挤压	65
2.2.4 圆轴扭转	68
2.2.5 梁的弯曲	73
2.2.6 组合变形	80
思考题与习题	85
第3章 汽车常用机构	90
3.1 平面机构	90
3.1.1 机构的组成	90
3.1.2 运动副及其分类	91
3.1.3 平面机构的运动简图	91
3.1.4 平面机构自由度的计算	96
3.1.5 平面机构具有确定运动的条件	99
3.2 平面连杆机构	99
3.2.1 铰链四杆机构	100
3.2.2 铰链四杆机构的演化	102
3.2.3 铰链四杆机构的基本特性	104
3.3 凸轮机构	106
3.3.1 凸轮机构的组成和应用	106
3.3.2 凸轮机构的分类	107
3.3.3 凸轮机构的工作过程	108
3.3.4 从动件常用的运动规律	109
3.3.5 凸轮机构的压力角	111
3.4 其他常用机构	112
3.4.1 棘轮机构	112
3.4.2 槽轮机构	113
思考题与习题	114
第4章 汽车常用机械传动	117
4.1 带传动	117
4.1.1 带传动的类型、特点及应用	117
4.1.2 普通V带和带轮的结构、型号	118
4.1.3 带传动的弹性滑动及其传动比	123
4.1.4 V带传动的张紧、安装和维护	125
4.2 链传动	126
4.2.1 链传动的特点和类型	126
4.2.2 链条和链轮	127
4.2.3 链传动的布置、张紧和润滑	129

4.3	齿轮传动	130
4.3.1	齿轮传动的类型、特点	131
4.3.2	渐开线直齿圆柱齿轮	132
4.3.3	齿轮的失效形式和常用材料	137
4.3.4	齿轮的结构和精度	140
4.4	其他齿轮传动简介	142
4.4.1	斜齿圆柱齿轮传动	142
4.4.2	圆锥齿轮传动	145
4.4.3	蜗杆传动	147
4.5	轮系	151
4.5.1	轮系的类型与功用	152
4.5.2	轮系的传动比	154
4.5.3	定轴轮系传动比的计算	155
4.5.4	周转轮系传动比的计算	157
	思考题与习题	158
第5章	轴系零部件	160
5.1	轴	160
5.1.1	轴的分类	160
5.1.2	轴的常用材料	161
5.1.3	轴的结构设计	163
5.1.4	轴的失效形式及设计基本要求	167
5.2	滑动轴承	167
5.2.1	滑动轴承的特点、应用及分类	167
5.2.2	滑动轴承的结构	168
5.2.3	滑动轴承的失效形式及材料	171
5.2.4	滑动轴承的润滑	173
5.3	滚动轴承	176
5.3.1	滚动轴承的结构	176
5.3.2	滚动轴承的主要类型及特性	177
5.3.3	滚动轴承的类型选择	180
5.3.4	滚动轴承的失效形式	183
5.3.5	滚动轴承的润滑与密封	184
5.3.6	滚动轴承的装拆与调整	186
5.4	联轴器、离合器和制动器	189
5.4.1	联轴器	190
5.4.2	离合器	194
5.4.3	制动器	196
	思考题与习题	198

第 6 章 汽车常用连接	199
6.1 键连接	199
6.1.1 键连接的类型、特点及应用	199
6.1.2 花键连接及选用	201
6.2 销连接	203
6.3 螺纹连接	203
6.3.1 螺纹的类型及主要参数	203
6.3.2 螺纹连接的基本类型及应用	205
6.3.3 螺纹连接件的基本类型及应用	206
6.3.4 螺纹连接的预紧和防松	207
6.3.5 提高螺栓连接强度的措施	209
6.3.6 螺纹零件的其他用途	210
思考题与习题	211
第 7 章 液压传动	212
7.1 液压传动的基本知识	212
7.1.1 液压传动的工作原理与组成	212
7.1.2 液压传动的主要参数	214
7.1.3 液压油	214
7.2 液压元件	216
7.2.1 液压泵	216
7.2.2 液压马达	220
7.2.3 液压缸	221
7.2.4 液压控制阀	222
7.2.5 液压辅助元件	228
7.3 液压基本回路	231
7.3.1 方向控制回路	232
7.3.2 压力控制回路	232
7.3.3 速度控制回路	234
7.4 汽车典型液压系统实例	235
7.4.1 液压制动	235
7.4.2 动力转向	236
7.4.3 制动防抱死装置 (ABS)	237
思考题与习题	238
附录 A 常用液压元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—1993)	239
参考文献	246

绪 论

汽车是最重要的现代化交通工具。它也是数量最多、最普及、活动范围最广泛、运输量最大的交通工具。汽车产业是国民经济重要的支柱产业。一辆汽车有上万个机械零件,“汽车机械基础”就是讲述有关汽车机械的基本知识、基本技术原理及其工程应用的一门技术基础课。

0.1 汽车及汽车工业的发展

自世界上第一辆汽车问世至今的 120 多年间,它以惊人的发展速度写下了人类近代文明的重要篇章。当今,汽车不仅成为人类应用最广的现代化交通工具,而且成为人们生活空间的延伸。

1885 年德国工程师卡尔·本茨在曼海姆设计制造出了世界上第一辆装有 625W 汽油机的三轮汽车(图 0-1),并于 1886 年 1 月 29 日申请获得专利。德国的另一位工程师哥德里普·戴姆勒也在 1886 年研制成了一辆装有 809W 汽油机的四轮汽车,如图 0-2 所示。本茨和戴姆勒被公认为以内燃机为动力的现代汽车的发明者。

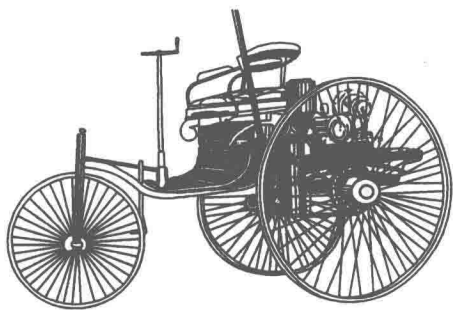


图 0-1 本茨发明的第一辆三轮汽车

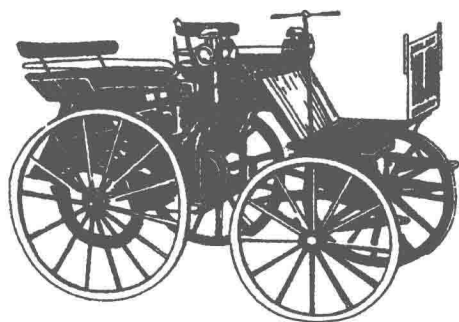


图 0-2 戴姆勒发明的第一辆四轮汽车

在汽车发展的初期阶段,法国人在汽车技术的创造与发明方面做出了突出的贡献。法国人于 1889 年研制出了齿轮变速器和差速器;于 1891 年又研制出了摩擦片式离合器;并在当年首先推出了发动机前置后轮驱动的布置形式;1895 年开始采用充气轮胎等。由于法国人对汽车技术的不断改进,使早期汽车的性能得到了较大的提高。

汽车虽然诞生在欧洲,但美国依靠其优越的资源 and 自然条件以及宽松的政策,又利用欧洲遭受第一次世界大战被破坏的时机,使其汽车工业迅速崛起,并超过了欧洲。1908 年,美国在底特律树立起了世界汽车技术史上的第二个里程碑。美国的亨利·福特推出了以自己的名字“福特”命名的 T 型汽车,如图 0-3 所示,并发明了流水线生产方式来生产汽车,从而奠定了美国成为汽车生产大国的地位。从 20 世纪初至 20 世纪 70 年代的几十年间,美国汽车产量一直遥遥领先。

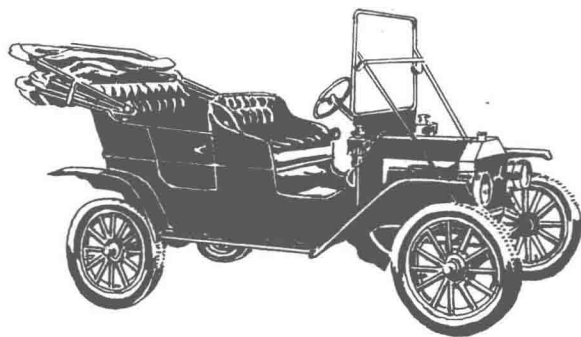


图 0-3 T 型汽车

日本汽车工业在第二次世界大战前规模较小,但在 20 世纪 60、70 年代,依靠引进国外的先进技术和科学的经营管理方法,其汽车工业迅猛发展,先后超过意大利、英国、法国、德国等一些老牌的汽车工业国,并曾于 1980—1993 年期间,汽车年产量超过美国而跃居世界第一位。

经过 100 多年的发展,世界汽车形成了三足鼎立之势,即美国、日本和欧洲成为三大汽车生产基地;并出现了许多世界知名的汽车公司和汽车品牌,如美国的通用、福特等,德国的奔驰、宝马、保时捷、大众等,日本的丰田、本田、日产等。

我国的汽车工业创建于 20 世纪 50 年代,长春第一汽车制造厂于 1953 年 7 月动工修建,1956 年 10 月正式开始生产解放 CA10 型载货汽车,从此结束了中国不能制造汽车的历史。1968 年在湖北十堰开始动工兴建第二汽车制造厂,并于 1975 年开始投产。在 20 世纪 50 年代后期和 60 年代,我国一批汽车修配企业发展成为汽车制造厂,城建和交通部门也设立了一批公交车辆厂。

改革开放后,我国汽车工业进入了大发展阶段。20 世纪 80 年代初期,我国汽车行业以各个大型骨干厂为主,联合一批相关的中、小企业,组建了企业集团。“六·五”计划期间,我国汽车工业加快了主导产品更新换代的步伐,注重提高产品质量和增添新品种。1985 年,中央在“七·五”计划建议书中提出了要把汽车工业作为支柱产业的方针,1987 年国务院又确定了发展轿车工业来振兴我国汽车工业的战略。在此期间,我国汽车工业有重点、有选择地引进国外先进技术。各个引进项目在合资协作、基本建设、产品质量和国产化等方面均取得了很大成绩。为了发展轿车生产,我国确定了“一汽”、“二汽”、上海、天津、北京、广州等轿车生产基地,汽车产量连年大幅度增加,从 1978 年的 14.9 万辆猛增到 1993 年的 129.7 万辆,从而跃居世界第 12 位。

进入 20 世纪 90 年代后,我国汽车工业的发展速度明显加快。企业的重组与改制朝着集团化、股份制方向发展,以市场为导向推广产品系列,缩短研发周期,不断推出新车型,提高技术含量,生产能力不断提高,汽车产量、销售量和保有量快速增长。2007 年,我国的汽车产量达到 889 万辆,汽车销售量为 870 万辆,名列世界第二;汽车的保有量达 4300 余万辆,每年以高于 20% 的幅度增长。2009 年,我国汽车累计产销突破 1300 万辆,同比增长创历年最高(2009 年我国汽车产销分别为 1379.10 万辆和 1364.48 万辆,同比增长 48.30% 和 46.15%),中国第一次超过美国,成为世界第一汽车生产和消费大国。随后三年,我国一直保持世界第一汽车生产和消费国的地位。2013 年,我国汽车产量达 1960 万辆,首次超过欧洲(欧洲的产量为 1830 万辆),这成为中国汽车行业崛起的一个里程碑。应该指出,我国目前只能说是全球产销量第一,只能

是汽车产销量大国,还没有成为全球汽车强国,我国汽车工业在技术开发水平与世界汽车强国还有一些差距。因此,我国的汽车工业发展还任重道远。

0.2 汽车的总体构造

一部汽车通常由四部分组成:发动机、底盘、车身和电气设备,如图 0-4 所示。

发动机是汽车的动力装置,其作用是使供入其中的燃料燃烧后产生动力(将热能转变为机械能),然后通过底盘的传动系统驱动车轮使汽车行驶。现代汽车广泛应用往复活塞式内燃机,使用的燃料主要是汽油和柴油。汽油发动机一般由机体和两大机构(即曲柄连杆机构、配气机构)及五大系统(即燃油供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统和起动系统)等部分组成。

底盘接受发动机的动力,使汽车产生运动,并保证汽车按照驾驶员的操作正常行驶。底盘由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统组成,如图 0-5 所示。

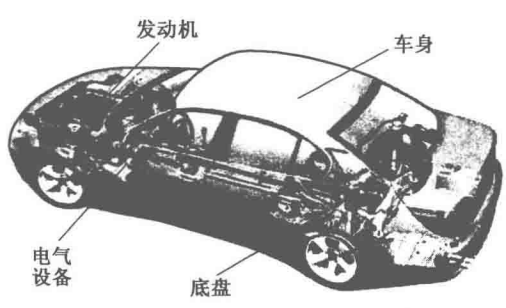


图 0-4 汽车的组成

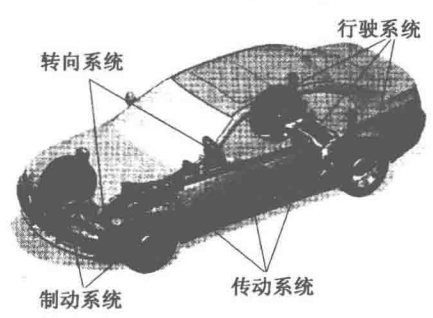


图 0-5 典型轿车底盘构造

车身是驾驶员的工作场所,也是转载乘客和货物的地方。

电气设备包括电源、发动机起动系统和点火系统、汽车照明和信号装置、音响、空调、仪表、导航系统和报警系统以及辅助电器等。高级轿车则更多地采用了现代新技术,尤其是电子技术,如电视、电话等电子设备、微处理机、中央计算机系统及各种人工智能操控装置等,从而显著提高了汽车的使用性能。

0.3 本课程的性质及任务

综上所述,汽车是一部机、电技术组合的机器。从汽车的发展历史看,它是一个由机械技术向机电技术,再向电子技术发展的过程。但无论怎样发展,都无法脱离基础的机械结构,如现代汽车上采用的曲柄连杆机构、配气机构、带传动、链传动、齿轮传动、轴、轴承、螺纹连接、离合器等。随着科学技术的不断发展,新的工程材料、液压传动技术等在汽车上也得到了广泛的应用,学习和掌握这些机构、机械零部件及其传动原理、材料以及液压传动的特点,对掌握汽车专业知识和今后工作是非常重要的。

“汽车机械基础”融汽车工程材料、工程力学、机械设计与机械原理、液压传动等学科基本知识内容为一体,是汽车类专业的一门专业技术基础课。

本课程的任务:通过学习汽车工程材料的基本内容,使学生掌握汽车常用金属材料及非金

属的性能、分类、牌号和应用场合;学习工程力学的基本知识,培养学生解决工程问题的综合分析能力;学习汽车常用机构和通用机械零部件(机械传动、轴系零部件、连接)的基本知识,使学生掌握汽车常用机构和通用机械零部件的基本类型、结构特点、工作原理和应用场合;学习液压传动的基本知识,使学生掌握汽车常用液压元件的构造、工作原理及应用;通过对上述内容知识的学习,将为学习专业课和新的科学技术奠定基础,为今后解决生产实际问题提供必要的知识基础。

本课程的特点:本课程是一门理论紧密联系实际的技术基础课。在学习每章基本知识后,均需完成相关的实验和实训项目。通过实验和实训加深对有关知识的理解和掌握。

思考题与习题

- 0-1 简述汽车及汽车工业的发展简况。
- 0-2 试述汽车的主要组成部分及其功能。
- 0-3 简述本课程的性质及其主要内容。
- 0-4 简述本课程的主要任务。

第 1 章 汽车工程材料

一部汽车的零件数量多达 2 万多个,它们都是由不同种类和性能的工程材料制成。

汽车工程材料是指汽车制造、使用及维修中常用的材料。

在实际生产中,用来制作汽车零件和工具的工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。其中,金属材料是汽车最重要的工程材料,由于具有良好的使用性能和工艺性能,应用最广泛,约占整个汽车所用材料的 80%。本章主要介绍汽车常用的金属材料、非金属材料的性能及应用知识。

1.1 金属材料的性能

金属材料的性能,主要分为使用性能和工艺性能两方面。所谓使用性能,是指金属材料在使用时所表现出来的特性和适应能力。使用性能包括物理性能(如熔点、导热性、热膨胀率等)、化学性能(如耐腐蚀性、抗氧化性等)、力学性能等。金属材料的使用性能决定了其应用范围、安全可靠性和使用寿命。金属材料的工艺性能是指金属材料在加工制造过程中表现出来的性能。按加工方法,工艺性能可分为铸造性能、压力加工(锻造)性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。在所有性能中,力学性能最为基本和重要,因为它是产品设计和材料选择的主要依据。

1.1.1 金属材料的力学性能

材料在外加载荷作用下所表现出来的性能,称为力学性能。评定材料的各项力学性能指标可采用国家标准所规定的实验来测定。根据实验条件的不同,有静力学性能(如强度、塑性、硬度)、动力性能(如冲击韧性、疲劳强度)以及高温力学性能等。

金属材料常用的力学性能指标如下。

1. 强度

金属材料抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度。按照所受载荷的不同,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)和抗扭强度(τ_t)等几种。其中抗拉强度为最基本的强度指标。

抗拉强度通过拉伸试验测定。如图 1-1 所示,将一截面为圆形的低碳钢拉伸试样,装夹在材料拉伸试验机上,然后开动试验机施以缓慢增加的轴向拉力,材料受拉逐渐伸长直至拉断为止。测得低碳钢的应力-应变曲线如图 1-2 所示。

图 1-2 中, σ 为应力,计算公式为

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (\text{MPa}) \quad (1-1)$$

式中 F ——拉伸试验所加载荷, N;

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

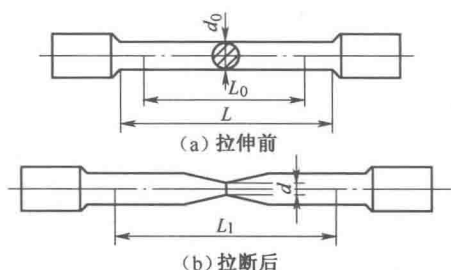


图 1-1 圆形拉伸试样

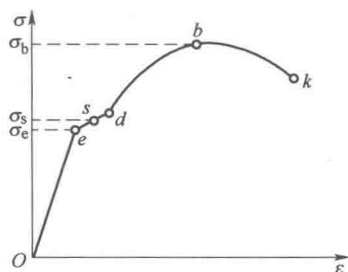


图 1-2 低碳钢的应力-应变曲线

ε 为应变, 计算公式为

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 L_0 ——试样的原始标距长度, mm;

L_1 ——试样变形后的标距长度, mm;

ΔL ——试样伸长量, mm。

图 1-2 中明显地表现出下面几个变形阶段:

Oe ——弹性变形阶段: 试样的变形量与外加载荷成正比, 载荷卸掉后, 试样恢复到原来的尺寸。

es ——屈服阶段: 此时不仅有弹性变形, 还发生了塑性变形, 即载荷卸掉后, 一部分变形恢复, 还有一部分变形不能恢复, 变形不能恢复的变形称为塑性变形。s 点为屈服点。

sd ——明显塑性变形阶段: 该段载荷不再增加, 试样却继续变形。

db ——强化阶段: 为使试样继续变形, 载荷必须不断增加。随着塑性变形增大, 材料变形抗力也逐渐增加。

bk ——缩颈阶段: 当载荷达到最大值时, 试样的直径发生局部收缩, 称为“缩颈”, 此时变形所需的载荷逐渐降低。

k 点——试样发生断裂。

金属材料的强度指标根据其变性特点分为下列几个指标:

(1) 弹性极限 σ_e : 表示材料保持弹性变形, 不产生永久变形的最大应力。

(2) 屈服极限(屈服强度) σ_s : 表示金属材料产生屈服现象时的最小应力, 即材料开始发生明显塑性变形的最小应力。有些材料(如铸铁)没有明显的屈服现象, 则用条件屈服极限来表示, 即产生 0.2% 残余应变时的应力值, 用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(3) 强度极限(抗拉强度) σ_b : 表示金属受拉时所能承受的最大应力。

σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 及 σ_b 是机械零件和构件设计时选材的主要依据。

2. 塑性

金属材料在外力作用下, 断裂前产生永久塑性变形而不断裂的能力称为塑性, 其大小用材料在断裂前的最大变形量来衡量。常用的指标有伸长率 δ 和断面收缩率 Ψ 两个指标, 它们可通过拉伸试验来测量。

1) 伸长率 δ

试样拉断后, 标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率, 用符号 δ , 即

$$\delta = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 L_1 ——试样断裂后的标距,mm;

L_0 ——试样的原始标距,mm;

ΔL ——最大伸长量,mm。

2) 断面收缩率 Ψ

试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原横断面积的百分比称为断面收缩率,用符号 ψ 表示,即

$$\psi = \frac{\Delta A}{A_0} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 A_1 ——试样断裂后缩颈处最小横截面积,mm²;

A_0 ——试样的原始横截面积,mm²;

ΔA ——试样缩颈处截面积的最大缩减量,mm²。

金属材料的延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 值越大,表示材料的塑性越好。塑性好的金属可以发生大的塑性变形而不被破坏,便于通过各种压力加工获得形状复杂的零件,例如汽车的车身,一般采用低碳钢或铝合金等材料冲压成形。

3. 硬度

硬度是指材料表面抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。常用来测定硬度的方法有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

1) 布氏硬度试验法

图 1-3 所示为布氏硬度试验法原理图。采用一直径 D 的淬火钢球或硬质合金球,在规定载荷 F 的作用下,压入被测金属表面,保持一定时间后卸除载荷,测定压痕直径,求出压痕球形的表面积,压痕单位表面积上所承受的平均压力 (F/S) 即为布氏硬度值,即

$$BH = \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-5)$$

式中 F ——试验载荷,N;

S ——压痕球形面积,mm²;

D ——球体直径,mm;

d ——压痕平均直径,mm。

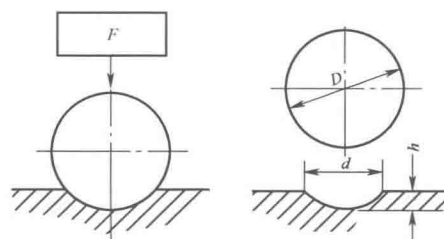


图 1-3 布氏硬度试验法原理图

压头为淬火钢球时用 HBS 表示;压头为硬质合金球时用 HBW 表示。例如 120HBS、450HBW。布氏硬度主要适用于各种退火或调质处理的钢、铸铁、有色金属等。

2) 洛氏硬度试验法

洛氏硬度测试原理图如图 1-4 所示。它是采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球作为压头,在一定负荷(初负荷 F_1)的作用下压入被测材料表面,其目的是消除表面不同状态对试验结果的影响。此时压头处于图中位置 1;然后再施加一定负荷(主负荷 F_2),总负荷为 $F = F_1 + F_2$,此时压头处于图中位置 2;保持一定时间后,卸除主载荷 F_2 ,仍保持初负荷 F_1 ,此时由于弹性变形的恢复使压头略有上升,压头处于图中位置 3。压头在主负

荷作用下压入材料的深度(图中 h)称为压痕深度,依据压痕的深度来确定材料的硬度值。

洛氏硬度是以压痕深度 h 的大小来衡量材料硬度的高低。压痕越深表示材料越软,硬度越低;压痕越浅表示材料越硬,硬度越高。实际测量时,其硬度可直接从洛氏硬度计表盘上读得。

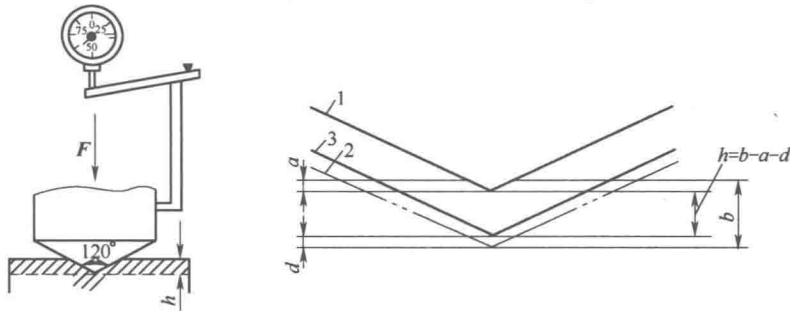


图 1-4 布氏硬度测试原理图

根据压头的种类和总负荷的大小,洛氏硬度常用的表示方法有 HRA、HRB、HRC 三种,如表 1-1 所列,其中以 HRC 应用最广。洛氏硬度值标注方法为硬度符号前面注明硬度数值,如 60HRC、70HRC 等。

表 1-1 常用三种洛氏硬度的试验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总载荷/N	测量范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	600	60~85HRA	硬质合金、表面淬硬层、渗碳层
HRB	φ1.588mm 钢球	1000	25~1000HRB	退火钢、正火钢、有色金属
HRC	120°金刚石圆锥体	1500	20~67HRC	淬火钢、调质钢

洛氏硬度试验压痕小,可从洛氏硬度计表盘上直接读出硬度值,操作方便,可用于测量低、中、高硬度材料,应用最广泛,适用于测量各种钢铁原材料、有色金属、经淬火后工件、表面热处理及硬质合金等。

4. 冲击韧性

以很快速度作用在工件上的载荷称为冲击载荷。机械中许多零件和工具往往要受到冲击载荷的作用,如发动机活塞销、冲模和锻模等。材料抵抗冲击载荷作用的能力称为冲击韧性,用符号 α_K 表示。

金属材料的冲击韧性常用一次摆锤冲击试验来测定,其试验原理如图 1-5 所示。

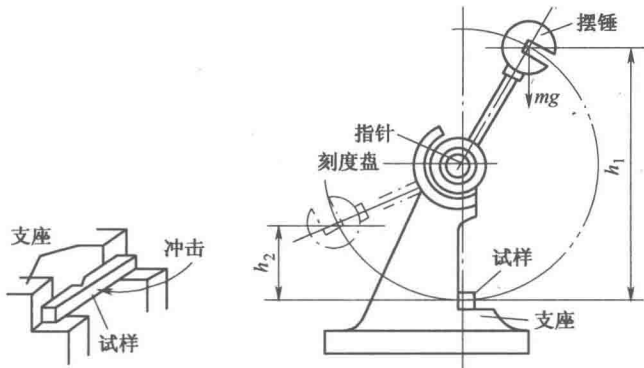


图 1-5 冲击试验原理图

如图 1-5 所示,在冲击试验机上,使处于一定高度的摆锤自由落下,将试样冲断。试验时,首先将带有槽口(缺口)的标准试样放在试验机的支座上,然后将重力为 G 的摆锤举至一定高度 h_1 ,使其具有一定的势能 Gh_1 ;再使摆锤由此高度自由落下,将试件冲断;冲断试件后摆锤继续向前升高到 h_2 的高度,此时摆锤剩余能量为 Gh_2 。摆锤对冲断试样所失去的能量即冲击负荷使试样冲断所做的功称为冲击功,则

$$A_K = G(h_1 - h_2) \quad (1-6)$$

材料在单位截面上所受的冲击功称为冲击韧性(也称冲击韧度),即

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S_0} \quad (1-7)$$

式中 A_K ——冲击功, J;

S_0 ——试样缺口处原始截面面积, cm^2 。

A_K 值越大, α_K 值越大,表示材料的韧性越好,在受到冲击时越不容易断裂,即材料抵抗一次冲击而不破坏的能力越强。一般说来,强度、塑性两者均好的材料, α_K 值也高。

5. 疲劳极限

汽车中的轴、齿轮、轴承、弹簧等零件,在工作过程中各点所受的应力随时间做周期性的变化,这种随时间做周期性变化的应力称为交变应力(又称循环应力)。

在交变应力作用下,虽然零件所承受的应力远低于材料的抗拉强度 σ_b ,甚至小于屈服点 σ_s ,但经过较长时间的工作会产生裂纹或发生突然断裂,这种现象称为金属的疲劳。这种断裂方式称为疲劳断裂。各种材料发生疲劳断裂时,都不会产生明显的塑性变形,其断裂常常是突然发生的,故易造成严重事故。据统计,损坏的机械零件中,有 80% 以上是由金属的疲劳造成的。

材料承受的交变应力 σ 与材料断裂前承受交变应力的循环次数 N 之间的关系,可用疲劳曲线来表示,如图 1-6 所示。

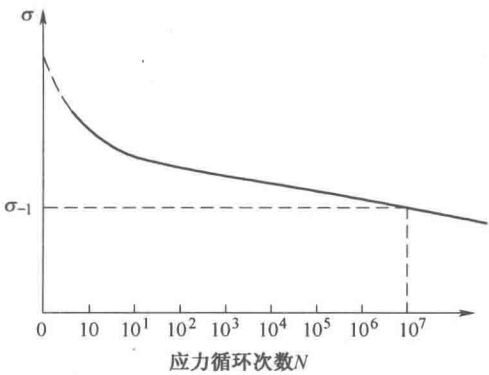


图 1-6 金属的疲劳曲线

从图 1-6 的曲线可以看出,材料承受的循环应力 σ 越大,则断裂时应力循环次数 N 越少。当应力低于一定值时,试样可以经受无限周期循环而不被破坏,此应力值称为材料的疲劳极限(又称疲劳强度),用 σ_{-1} 表示。由于无限此应力循环次数的试验是无法完成的,因而工程上一般规定:对于钢铁材料的循环次数为 10^7 次所对应的应力即为 σ_{-1} ;有色金属、不锈钢则规定 $N=10^8$ 。

金属材料的疲劳极限受到很多因素的影响,主要有工作条件、表面状态、材质、残余内应力