

· 21 面向 21 世纪全国高职高专汽车类规划教材

汽车机械基础

QICHE JIXIE JICHU

韩清林 娄万军 主 编
夏志华 马骊歌 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪全国高职高专汽车类规划教材

汽车机械基础

韩清林 娄万军 主 编

夏志华 马骊歌 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是汽车检测与维修、工程机械等机械类专业的一门专业基础课,它包括了静力学、材料力学、金属材料与热处理、金属制造工艺、互换性与测量技术、平面连杆机构、凸轮机构、键与螺纹连接、轴与轴承、带与链传动、齿轮传动及液压与液力传动等内容。本书编写力求简洁明了,注重理论联系实际,强调各种知识在实际中的应用,着重培养学生分析、解决问题的能力,充分体现了高等职业教育特色。

本书可供汽车检测与维修、汽车运用、工程机械等机械类专业使用,还可用于各类成人高校的相关专业。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/韩清林, 娄万军主编. —北京: 北京大学出版社, 2006.3

(面向 21 世纪全国高职高专汽车类规划教材)

ISBN 7-301-09250-4

I. 汽… II. ①韩… ②娄… III. 汽车—机械学—高等学校: 技术学校—教材 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 075417 号

书 名: 汽车机械基础

著作责任者: 韩清林 娄万军 主编

责任编辑: 郭 芳

标准书号: ISBN 7-301-09250-4/TH·0030

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 21.25 印张 465 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

前 言

《汽车机械基础》是根据高职高专院校机械工程类专业为社会培养应用型人才的要求而组织编写的。全书共分四篇，分别是基础知识、工程力学、机械原理与机械零件、液压与液力传动。以上各篇内容是由多年从事一线教学工作、具有丰富的实践经验的双师型教师，根据高职高专的教学特点而编写的。本教材在编写过程中力求突出以下特点。

(1) 知识点多

本教材包含了金属材料及热处理、互换性与测量技术、金属工艺学、工程力学、机械原理与机械零件、液压传动等几门课程的主要内容。

(2) 简洁明了、够用为度

本教材在编写过程中摒弃了理论性较强的内容，以实用为标准，注重知识在实践中的应用，着重培养学生分析问题、解决问题的能力，充分体现了高职教育的特色。

(3) 内容新

本教材在编写过程中吸收了国内外比较成熟的新理论、新技术，并注重介绍这些新知识在目前各种机型上的应用。本书配有大量的结构原理插图，有助于学生学习和理解，编写时全书都采用了新的国家标准。

本书由韩清林、娄万军任主编并负责全书统稿工作，夏志华、马骊歌任副主编。具体编写分工为：夏志华编写了基础知识部分（第1~3章）；马骊歌编写了工程力学部分（第4~6章）；娄万军编写了机械原理与机械零件部分（第7~16章）；韩清林、马艳华编写了液压与液力传动部分（第17~20章）。

由于编者水平有限，书中肯定存在不少缺点和不足，敬请广大读者批评指正。

编 者

2005年11月

目 录

第一篇 基础知识	1
第 1 章 金属材料及热处理概论	2
1.1 金属及合金的主要性能	2
1.1.1 金属及合金的物理、化学性能	3
1.1.2 金属及合金的力学性能及工艺性能	3
1.2 常用的金属材料和非金属材料	9
1.2.1 碳素钢的分类、牌号及用途	9
1.2.2 合金钢的分类、牌号及用途	13
1.2.3 铸铁的分类、牌号及用途	14
1.2.4 有色金属合金	17
1.2.5 非金属材料	19
1.3 热处理基本概念	21
1.3.1 热处理的重要意义	21
1.3.2 钢的热处理工艺及分类	22
第 2 章 互换性与技术测量	27
2.1 光滑圆柱体结合的公差与配合	27
2.1.1 术语及定义	28
2.1.2 标准公差与基本偏差	32
2.1.3 基准制	35
2.1.4 一般公差、线性尺寸未注公差	36
2.1.5 公差与配合在图上的标注	37
2.2 形状和位置公差	38
2.2.1 形体的要素及其分类	38
2.2.2 形位公差项目及其标注方法	39
2.2.3 位置公差及其标注	43
2.3 表面粗糙度	49
2.3.1 表面粗糙度的评定参数	50
2.3.2 表面粗糙度符号、代号	53

2.3.3	表面粗糙度与加工方法的关系	54
2.3.4	表面粗糙度代号的标注	56
第3章	金属制造工艺	58
3.1	铸造	58
3.1.1	合金的铸造性能	58
3.1.2	砂型铸造	60
3.2	压力加工	63
3.2.1	自由锻造	63
3.2.2	模型锻造	64
3.2.3	板料冲压	65
3.3	焊接	66
3.3.1	手工电弧焊	66
3.3.2	常用金属材料焊接	72
3.4	切削加工	74
3.4.1	切削刀具	75
3.4.2	切削过程	79
3.4.3	常用加工方法简介	82
第二篇	工程力学	89
第4章	静力学基础	90
4.1	静力学基本概念和公理	90
4.1.1	刚体的概念	90
4.1.2	力的概念	90
4.1.3	平衡的概念	91
4.1.4	静力学公理	91
4.1.5	力矩与力偶	93
4.1.6	力的平移定理	97
4.2	约束与约束反力	98
4.3	受力图	101
第5章	平面力系	105
5.1	平面任意力系的简化及平衡方程	105
5.1.1	平面任意力系向任一点简化	105
5.1.2	简化结果的讨论	106
5.1.3	平面任意力系的平衡方程及应用	107
5.1.4	解题步骤与方法	107

5.2	平面特殊力系的简化及平衡方程.....	108
5.2.1	平面汇交力系的平衡方程.....	108
5.2.2	平面力偶系的平衡方程.....	109
5.2.3	平面平行力系的平衡方程.....	109
5.3	考虑摩擦时的平衡问题.....	109
5.3.1	滑动摩擦.....	110
5.3.2	摩擦角.....	110
5.3.3	自锁现象.....	111
5.3.4	滚动摩擦简介.....	113
第 6 章	杆件的应力与强度计算.....	114
6.1	应力的概念.....	114
6.2	材料在轴向拉压时的力学性能.....	115
6.2.1	拉伸试验和应力-应变曲线.....	115
6.2.2	低碳钢拉伸时的力学性能.....	116
6.2.3	其他材料在拉伸时的力学性能.....	118
6.2.4	材料压缩时的力学性能.....	118
6.2.5	材料的强度指标.....	119
6.3	轴向拉压杆的应力、变形和强度计算.....	120
6.3.1	横截面上的正应力.....	121
6.3.2	轴向拉压杆的变形及胡克定律.....	122
6.3.3	强度计算.....	124
6.3.4	应力集中的概念.....	125
6.3.5	压杆稳定的概念.....	125
6.4	剪切与挤压的实用计算.....	126
6.4.1	剪切与挤压的概念与实例.....	126
6.4.2	剪切与挤压的实用计算.....	127
6.5	圆轴扭转的实用计算.....	129
6.5.1	扭转变形外力偶矩的计算.....	130
6.5.2	扭矩与扭矩图.....	130
6.5.3	横截面上的应力.....	131
6.5.4	圆轴扭转时的强度计算.....	133
6.5.5	圆轴扭转时的变形.....	134
6.5.6	圆轴扭转时的刚度计算.....	134
6.6	直梁的平面弯曲.....	136
6.6.1	平面弯曲梁的正应力.....	136

6.6.2	梁的正应力强度计算.....	141
6.6.3	提高梁强度的措施.....	143
6.7	组合变形构件的应力与强度计算.....	144
6.7.1	组合变形的概念.....	144
6.7.2	组合变形的分析方法.....	145
6.7.3	拉(压)弯组合变形的强度计算.....	145
6.7.4	弯曲与扭转组合变形的强度计算.....	147
第三篇	机械原理与机械零件	151
第7章	平面机构的运动简图	152
7.1	概述.....	152
7.2	运动副及其分类.....	153
7.2.1	低副.....	154
7.2.2	高副.....	154
7.3	平面机构运动简图.....	154
第8章	平面连杆机构	156
8.1	铰链四杆机构.....	156
8.1.1	铰链四杆机构的类型和应用.....	156
8.1.2	铰链四杆机构类型的判别.....	159
8.2	滑块四杆机构.....	159
8.3	平面四杆机构的运动特性.....	161
8.3.1	曲柄摇杆机构的运动特性.....	161
8.3.2	曲柄滑块机构的运动特性.....	163
第9章	凸轮机构	166
9.1	凸轮机构的应用和分类.....	166
9.1.1	凸轮机构的应用和组成.....	166
9.1.2	凸轮的分类.....	167
9.2	从动推杆的常用运动规律.....	169
9.2.1	等速运动规律.....	170
9.2.2	等加速、等减速运动规律.....	171
第10章	螺纹联接	173
10.1	螺纹的形成、类型和主要参数.....	173
10.1.1	螺纹的形成和类型.....	173
10.1.2	螺纹的主要参数.....	174
10.2	螺旋副的受力分析、自锁和效率.....	175

10.2.1 矩形螺纹 (牙形角 $\alpha=0^\circ$)	175
10.2.2 其他螺纹 (牙形角 $\alpha \neq 0^\circ$)	177
10.3 螺纹联接的基本类型和螺纹联接件	178
10.3.1 螺纹联接的基本类型	178
10.3.2 螺纹联接件	179
10.4 螺栓联接的预紧与防松	182
10.4.1 螺栓联接的预紧	182
10.4.2 螺栓联接的防松	182
第 11 章 键联接	183
11.1 概述	183
11.2 键联接的类型	183
11.2.1 松键联接	184
11.2.2 紧键联接	186
11.3 花键联接	188
11.3.1 花键联接的特点和应用	188
11.3.2 花键联接的分类和定心方式	188
第 12 章 带、链传动	189
12.1 带传动	189
12.1.1 概述	189
12.1.2 V 带的结构与标准	190
12.1.3 带传动的工作情况分析	191
12.2 链传动	194
12.2.1 链传动概述	194
12.2.2 滚子链	195
第 13 章 齿轮传动	197
13.1 齿轮传动的特点、类型及基本要求	197
13.1.1 齿轮传动的特点	197
13.1.2 齿轮传动的类型	197
13.1.3 齿轮传动的基本要求	199
13.2 齿廓啮合基本定律	199
13.3 渐开线齿廓	200
13.3.1 渐开线的形成及其性质	200
13.3.2 渐开线齿廓满足齿廓啮合基本定律	201
13.3.3 渐开线齿廓啮合的特点	202
13.4 渐开线直齿轮的各部分名称、基本参数及几何尺寸	203

13.4.1	渐开线齿轮各部分名称及符号	203
13.4.2	渐开线齿轮的基本参数	204
13.4.3	标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算	206
13.5	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	206
13.5.1	正确啮合条件	206
13.5.2	连续传动条件	207
13.5.3	标准中心距	209
13.6	渐开线齿轮的加工原理和根切现象	209
13.6.1	切制齿廓的基本原理	209
13.6.2	渐开线齿轮的根切现象和最少齿数	212
13.7	渐开线变位齿轮概述	213
13.7.1	变位齿轮	213
13.7.2	变位齿轮传动	214
13.8	齿轮传动的失效形式和计算准则	214
13.8.1	齿轮传动的失效形式	214
13.8.2	齿轮传动的设计计算准则	216
13.9	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	217
13.9.1	受力分析	217
13.9.2	计算载荷	218
13.9.3	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	218
13.10	斜齿圆柱齿轮传动	219
13.10.1	斜齿轮齿廓曲面的形成及啮合特点	219
13.10.2	斜齿圆柱齿轮的几何参数及几何尺寸计算	220
13.10.3	斜齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件	222
13.10.4	斜齿圆柱齿轮的当量齿数	222
13.10.5	斜齿圆柱齿轮的受力分析	223
13.11	直齿圆锥齿轮传动	224
13.11.1	直齿锥齿轮传动的特点及其当量齿数	224
13.11.2	直齿圆锥齿轮传动的正确啮合条件	225
13.12	齿轮传动的效率和润滑	225
13.12.1	齿轮传动的效率	225
13.12.2	齿轮传动的润滑	226
13.13	齿轮的结构	227
13.14	蜗杆传动	228
13.14.1	蜗杆传动的特点和类型	228

13.14.2 蜗杆传动的主要参数.....	230
13.14.3 蜗杆传动的失效形式、结构.....	232
第 14 章 齿轮系	235
14.1 齿轮系的分类.....	235
14.1.1 定轴齿轮系.....	235
14.1.2 行星齿轮系.....	235
14.2 定轴齿轮系传动比的计算.....	238
14.2.1 齿轮系的传动比.....	238
14.2.2 定轴齿轮系传动比的计算公式.....	238
14.3 行星轮系传动比的计算.....	239
14.4 齿轮系的功用.....	242
第 15 章 轴	244
15.1 概述.....	244
15.2 轴的结构设计.....	246
第 16 章 轴承	250
16.1 滑动轴承.....	250
16.1.1 滑动轴承的主要类型和结构.....	250
16.1.2 轴瓦的结构.....	252
16.2 滚动轴承.....	253
第四篇 液压与液力传动	259
第 17 章 概论	260
17.1 液压传动.....	260
17.1.1 液压传动的工作原理.....	260
17.1.2 液压传动系统的组成.....	261
17.1.3 液压系统图及图形符号.....	262
17.1.4 液压传动的特点.....	263
17.2 液力传动.....	264
17.2.1 液力传动的工作原理.....	264
17.2.2 液力变矩器.....	264
17.2.3 液力传动的特点.....	265
第 18 章 液压泵	267
18.1 液压泵概述.....	267
18.1.1 液压泵的工作原理及分类.....	267
18.1.2 液压泵的性能参数.....	268

18.2	齿轮泵	270
18.2.1	外啮合齿轮泵	270
18.2.2	内啮合齿轮泵	274
18.3	叶片泵	274
18.3.1	双作用叶片泵	275
18.3.2	单作用叶片泵	276
18.4	柱塞泵	278
18.4.1	斜盘式轴向柱塞泵	279
18.4.2	径向柱塞泵	282
18.5	螺杆泵	283
18.6	各类液压泵的性能比较及应用	284
第 19 章	液压缸和液压马达	285
19.1	液压缸的类型和特点	285
19.1.1	活塞式液压缸	285
19.1.2	柱塞式液压缸	287
19.1.3	摆动式液压缸	288
19.1.4	组合式液压缸	289
19.2	液压缸的结构	290
19.2.1	缸体组件	291
19.2.2	活塞组件	292
19.2.3	密封装置	293
19.2.4	液压缸的缓冲装置	297
19.2.5	排气装置	298
19.3	液压马达	298
19.3.1	液压马达的主要性能参数	299
19.3.2	液压马达	300
第 20 章	液压控制阀	301
20.1	液压控制阀概述	301
20.2	方向控制阀	302
20.2.1	单向阀	302
20.2.2	换向阀	303
20.3	压力控制阀	310
20.3.1	溢流阀	310
20.3.2	顺序阀	312
20.3.3	减压阀	314

20.3.4 压力继电器.....	316
20.4 流量控制阀.....	316
20.4.1 流量控制阀的特性.....	317
20.4.2 节流阀的结构及特点.....	318
20.4.3 调速阀工作原理及特点.....	319
附录.....	321
参考文献.....	325

第一篇

基础知识

第 1 章 金属材料及热处理概论

金属材料是现代机械制造业的基本材料，广泛应用于制造生产及生活用品。金属材料之所以获得广泛应用，是由于它具有许多良好的性能。

金属材料分为黑色金属和有色金属两类。

黑色金属包括钢和铸铁。碳的质量分数超过 2% 的铁碳合金称为铸铁；碳的质量分数不大于 2% 的铁碳合金称为钢。

钢铁以外的金属材料称为有色金属材料或非铁金属材料。当前，全世界的金属材料总产量中钢铁占 95%，是金属材料的主体；有色金属材料约占 5%，处于补充地位，但它的作用却是钢铁材料无法代替的。

有色金属材料与钢铁材料相比较，其突出的优良性能主要在物理性能和化学性能方面，钛和钛合金的耐蚀性优于不锈钢；铜及铝的导电和导热性明显高于铁合金；镍铬合金的电阻率高，同时还有高的抗氧化性和塑性；铅具有高的抗 X 射线和 γ 射线穿透的能力；铅、锡基合金和某些铝基、铜基合金具有优良的减摩性能等。关于力学性能，一般地说，钢铁强度高，而多数有色金属塑性好。若考虑到铝、铁合金的相对密度低于钢，并用材料的相对密度除以强度得出的比强度，则铝或铝合金的比强度和比刚度均比钢铁成倍地提高。

热处理是指金属或合金在固态范围内，通过一定的加热、保温和冷却的方法，以改变金属或合金的内部组织，而得到所需性能的一种工艺操作。

1.1 金属及合金的主要性能

金属材料的性能，是指用来表征材料在给定外界条件下的行为参量。当外界条件发生变化时，同一种材料的某些性能也会随之变化。通常所指金属材料的性能包括以下两个方面。

(1) 使用性能：即为了保证零件、工程构件或工具等的正常工作，材料所应具备的性能，包括物理性能（如熔点、导热性、热膨胀性等）、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等。

(2) 工艺性能：是指金属在制造加工过程中反映出来的各种性能，即反映金属材料在被制成各种零件、构件和工具的过程中，材料适应各种冷、热加工的性能，主要包括铸造、压力加工、焊接、切削加工、热处理等方面的性能。

1.1.1 金属及合金的物理、化学性能

1. 金属材料的物理性能

金属材料的本质不发生变化所表现的性能称为物理性能,包括密度、熔点、导热性、导电性、磁性等。涉及到金属加工的主要物理性能有如下几种。

(1) 密度及熔点。金属的密度就是单位体积金属的质量;金属的熔点用温度来衡量,不同用途的机器零件,对金属材料的密度和熔点要求也不同。如飞机和汽车上的许多零件和构件,要选用密度比较小的铝、镁合金来制造。而重型机器上的许多构件,则必须用密度较大的钢铁材料来制造。又如铸钢、铸铁和铸造铝合金的熔点各不相同,在铸造时三者的熔炼工艺就有很大的差别。

(2) 导热性。金属传导热的性能称为导热性,一般用热导率 λ 来衡量金属导热性的好坏, λ 值越大,导热性越好。在热加工时,若金属的导热性很差,在加热或冷却时,尤其以较快的速度加热或冷却时,会在金属中产生较大的温度差而引起较大的热应力,从而导致工件变形甚至产生裂纹。因而对导热性差的材料,应减慢其加热或冷却速度。例如高速钢的导热性较差,在锻造时就应该用很低的速度进行加热,否则易产生裂纹。

(3) 热膨胀性。金属在温度升高时体积胀大的现象称为热膨胀性,用线膨胀系数 α 表示,其单位是 $1/^\circ\text{C}$ 或 $1/\text{K}$,即温度每升高 1°C ,其单位长度膨胀量。 α 值越大,金属的尺寸或体积随温度变化而变化的程度就越大。

2. 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属材料在室温或高温条件下抵抗各种腐蚀性介质对其化学侵蚀的能力,一般包括耐蚀性、抗氧化性和化学稳定性。

由于金属材料的氧化和腐蚀不仅破坏零件的表面质量,而且还会降低零件的精度,严重的局部腐蚀和应力共同作用,还会使零件产生破坏。因此对处于高温或有腐蚀性介质中的工件,首先要考虑的是它们的化学稳定性。

1.1.2 金属及合金的力学性能及工艺性能

1. 金属及合金的力学性能

金属及合金的机械性能即金属材料的力学性能。所谓力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的性能。力学性能包括强度、疲劳强度、塑性、冲击韧性及硬度等。

(1) 强度。它是指在外力作用下材料抵抗变形和断裂的能力,是材料最重要、最基本的力学性能指标之一。

静载时的强度测定可用材料进行拉伸试验。关于强度及其测定将在后面的力学部分进

一步深入研究。

(2) 疲劳强度。金属材料在极限强度以下, 长期承受交变负荷(即大小、方向反复变化的载荷)的作用, 在不发生显著变形的情况下而突然断裂的现象, 称为疲劳。

金属材料在重复或交变应力作用下, 经过周次 N 的应力循环仍不发生断裂时所能承受的最大应力称为疲劳极限。在重复或交变力作用下, 循环一定周次后断裂时所能承受的最大应力, 叫疲劳强度。此时, N 称为材料的疲劳寿命。某些金属材料在重复或交变应力作用下没有明显的疲劳极限, 常用疲劳强度表示。

(3) 塑性。它是指金属材料在外力作用下, 产生永久变形而不致破裂的能力称为塑性。许多零件或毛坯是通过塑性变形而成形的, 要求材料有较高的塑性; 并且为防止零件工作时脆断, 也要求材料有一定的塑性。塑性也是金属材料的主要力学性能指标之一。常用的塑性指标有断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。关于塑性的测定将在后面的力学部分进一步深入研究。

(4) 韧性。它是指金属材料在冲击力(动力载荷)的作用下而不破坏的能力。金属的韧性通常随加载速度的提高、温度的降低、应力集中程度的加剧而减少。韧性高的材料在断裂前要发生明显的塑性变形, 由可见的塑性变形至断裂经过了一段较长的时间, 能引起注意, 一般不会造成严重事故; 韧性低材料, 脆性大, 材料断裂前没有明显的征兆, 因而危险性极大。评定材料韧性的力学性能指标是冲击韧度和断裂韧度。

金属材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性。不少机器零件如冲床连杆、曲轴等, 在工作时要承受冲击载荷, 且冲击所引起的变形和应力比静载时大得多, 如果仍只用静载荷作用下的抗拉强度来设计计算, 就不能保证零件工作时的安全性, 因此必须同时考虑金属材料的冲击韧性。目前, 工程上一般用金属夏比冲击试验来测定金属材料的冲击韧性值 α_k 。

金属材料冲击试验是先将被测的金属材料制成一定形状和尺寸的试样(图 1-1 (a) 所示为 U 形缺口冲击试样), 将冲击试样安放在冲击试验机上, 把具有一定重量 G 的摆锤提到 h_1 高度后, 使摆锤自由下落(如图 1-1 (b) 所示)。

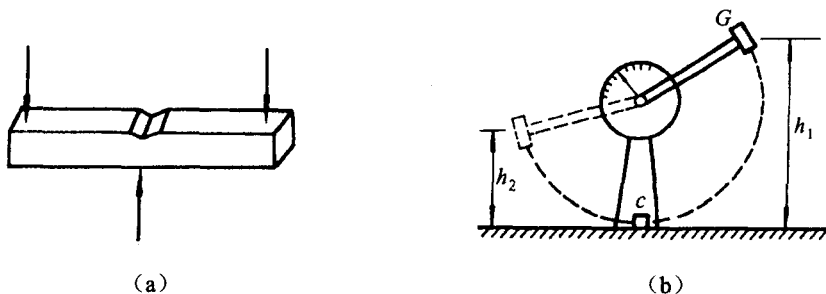


图 1-1 冲击试验原理图

冲断试样后, 摆至 h_2 高度, 其位能的变化值即为摆锤对试样所做的冲击功, 即: