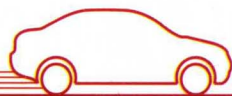




“十三五”职业教育规划教材
浙江省重点教材建设项目



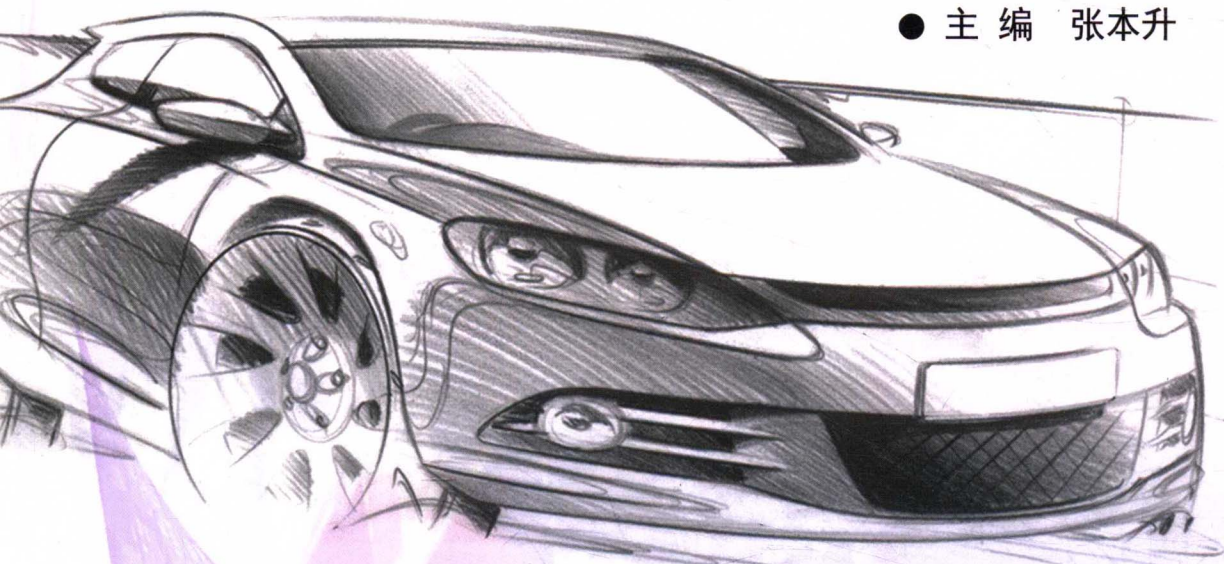
高职高专汽车专业“互联网+”创新规划教材



汽车机械基础

(第2版)

● 主 编 张本升



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



“十三五”职业教育规划教材
浙江省重点教材建设项目



高职高专汽车专业“互联网+”创新规划教材

汽车机械基础

(第2版)

主 编 张本升
副主编 吴 双 陈建良 鲍婷婷
参 编 毛 文 罗启文 张岩枢



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书内容包括汽车机械材料与力学性能、金属材料热处理方法、力学分析与强度计算、公差配合、机械常用零部件、常用传动机构、零件成型技术和液压传动简介等,共15章。

本书适用于高职高专汽车检测与维修、汽车技术与服务营销等专业,也可作为各类成人高校、函授大学、电视大学、中等职业学校和高等技校相关专业的教学用书,并可供工程技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础/张本升主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2016.1

(高职高专汽车专业“互联网+”创新规划教材)

ISBN 978-7-301-26724-0

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车—机械学—高等教育—教材 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第001037号

书 名	汽车机械基础(第2版) Qiche Jixie Jichu
著作责任者	张本升 主编
策 划 编 辑	刘晓东
责 任 编 辑	黄红珍
标 准 书 号	ISBN 978-7-301-26724-0
出 版 发 行	北京大学出版社
地 址	北京市海淀区成府路205号 100871
网 址	http://www.pup.cn 新浪微博:@北京大学出版社
电 子 信 箱	pup_6@163.com
电 话	邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者	北京溢漾印刷有限公司
经 销 者	新华书店
	787毫米×1092毫米 16开本 18.75印张 432千字
	2011年10月第1版
	2016年1月第2版 2016年1月第1次印刷
定 价	45.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

第 2 版前言

汽车机械工业新材料、新工艺、新技术的广泛应用,使得汽车维修与检测、汽车技术服务与营销行业队伍人才的知识需求提高,为了尽快培养一批具有高技能、高素质的应用型高职人才,我们特编写了本书。

本书内容包括汽车常用材料与金属材料热处理、互换性与公差配合、构件受力分析与强度计算、常用机构与零部件、常用零件成型与液压传动简介等,整合了传统的知识内容,内容上尽量注重知识的实用性与应用性,按“培养技能、必需够用、强调实用”的原则,在语言叙述方面做到通俗易懂、准确、精练,强化学生的技术应用,适应目前工学结合、校企一体新形势的要求,为进一步学习有关专业课程和从事汽车机械维修设备改进工作奠定一定的基础。书中附有二维码的地方,可以通过手机的二维码扫描 APP 或手机微信“扫一扫”功能进行扫描识别,查看对应知识点的视频、动画和图片等。

在使用本书时,教师可结合本校教改实际课时情况适当地取舍内容,同时教师也可根据具体情况适当地调整各章的先后顺序。

本书由浙江工贸职业技术学院张本升主编,参与编写工作的还有浙江工贸职业技术学院毛文,浙江经贸职业技术学院吴双,浙江交通职业技术学院陈建良、鲍婷婷,北汽福田汽车股份有限公司罗启文及温州紧固件行业协会张岩枢等。

在编写过程中,众多同行专家对本书提出了许多宝贵的意见,在此我们由衷地表示感谢!

鉴于编者水平有限,书中的不妥之处在所难免,恳请同行和广大读者批评指正。

编 者

2015 年 11 月

目 录

第 1 章 汽车机械常用材料应用	1
1.1 金属材料的分类与组织	2
1.2 汽车机械零件材料	4
1.3 金属的力学性能和工艺性能	10
本章小结	19
复习思考题	19
第 2 章 汽车构件常用热处理应用	21
2.1 热处理的基本概念	22
2.2 汽车零件热处理基本工艺及应用	23
2.3 其他热处理方法简介	27
本章小结	30
复习思考题	30
第 3 章 汽车机械常用零件的受力分析	32
3.1 载荷类型	33
3.2 常用约束类型	36
3.3 受力图	39
3.4 平面力系分析计算	40
3.5 平面任意力系的平衡方程及应用	43
3.6 摩擦与机械效率	48
本章小结	51
复习思考题	51
第 4 章 汽车常用构件的强度计算	53
4.1 构件轴向拉伸与压缩的强度计算	54
4.2 剪切与挤压	61
4.3 圆轴扭转	65
4.4 弯曲	71
4.5 构件组合变形强度计算	81
本章小结	86
复习思考题	87



第5章 互换性与公差配合在汽车机械上的应用	89
5.1 互换性概念	90
5.2 公差配合	91
本章小结	106
复习思考题	107
第6章 螺纹连接与螺旋传动在汽车机械上的应用	108
6.1 螺纹连接的基本知识	109
6.2 螺纹连接的防松与结构布置	115
6.3 螺旋传动简介	119
本章小结	122
复习思考题	122
第7章 带传动与链传动在汽车机械上的应用	124
7.1 带传动	125
7.2 链传动	133
本章小结	138
复习思考题	138
第8章 汽车机械常用零部件	140
8.1 弹簧	141
8.2 轴承	144
8.3 联轴器	156
8.4 离合器与制动器	162
8.5 轴在汽车机械上的应用	166
8.6 键连接在汽车机械上的应用	173
本章小结	175
复习思考题	176
第9章 齿轮传动在汽车机械上的应用	178
9.1 齿轮传动的类型及特点	179
9.2 标准直齿圆柱齿轮的主要参数计算及正确啮合条件	180
9.3 渐开线齿轮的加工方法	183
9.4 斜齿圆柱齿轮传动	186
9.5 直齿锥齿轮传动	188
9.6 齿轮传动的失效形式、常用材料、结构与润滑	190
本章小结	196
复习思考题	196



第 10 章 蜗杆传动	198
10.1 蜗杆传动的特点及类型	199
10.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	199
10.3 蜗杆蜗轮常用材料和结构	202
本章小结	203
复习思考题	204
第 11 章 轮系在汽车机械上的应用	205
11.1 轮系的分类	206
11.2 定轴轮系的传动比计算	207
11.3 周转轮系的传动比	209
11.4 轮系的功用	211
本章小结	212
复习思考题	213
第 12 章 平面运动机构在汽车机械上的应用	214
12.1 构件和运动副	215
12.2 平面机构运动简图	217
12.3 平面机构的自由度	220
12.4 铰链四杆机构与曲柄滑块机构	224
本章小结	226
复习思考题	227
第 13 章 间歇运动机构在汽车机械上的应用	229
13.1 棘轮机构	230
13.2 槽轮机构与不完全齿轮机构	233
13.3 凸轮机构	235
本章小结	241
复习思考题	242
第 14 章 汽车机械零件成型技术	243
14.1 机械零件成型方法简介	244
14.2 零件切削加工装备	246
14.3 车削及其装备	250
14.4 铣、刨、磨削加工	254
14.5 钻、铰、镗削加工	257
14.6 特种加工	260
本章小结	262



复习思考题	262
第 15 章 液压传动在汽车机械上的应用	263
15.1 液压传动概述	264
15.2 液压泵	266
15.3 液压缸	271
15.4 液压控制阀	273
15.5 液压辅件与基本回路	278
本章小结	285
复习思考题	285
参考文献	286

第 1 章

汽车机械常用材料应用

学习目标	(1) 理解钢铁材料和钢铁基本组织 (2) 掌握非合金钢、合金钢、铸钢和铸铁牌号表示方法 (3) 了解有色金属及其合金种类和新型材料 (4) 掌握材料的强度与塑性标准 (5) 掌握零件硬度测量的表示法 (6) 理解材料的冲击韧性与疲劳极限的概念 (7) 理解金属材料的工艺性能
能力要求	(1) 能区分钢铁材料的种类 (2) 能为汽车机械选择合适的材料种类 (3) 能掌握材料硬度与塑性的关系

引言

汽车机械零件种类繁多，所用材料的种类也很多，了解汽车常用材料种类对于合理选择利用材料，降低汽车机械成本具有极其重要的意义。材料选择的主要依据是材料的力学性能，研究材料的力学性能对学习该门课程有很重要的意义。本章简要介绍常用机械零件材料分类、材料的相关力学性能和工艺性能等。



1.1 金属材料的分类与组织

1.1.1 金属材料分类

金属材料是指由两种或两种以上的金属元素或金属与非金属组成的材料。金属通常分为钢铁材料和非铁金属两大类,如图1.1所示。

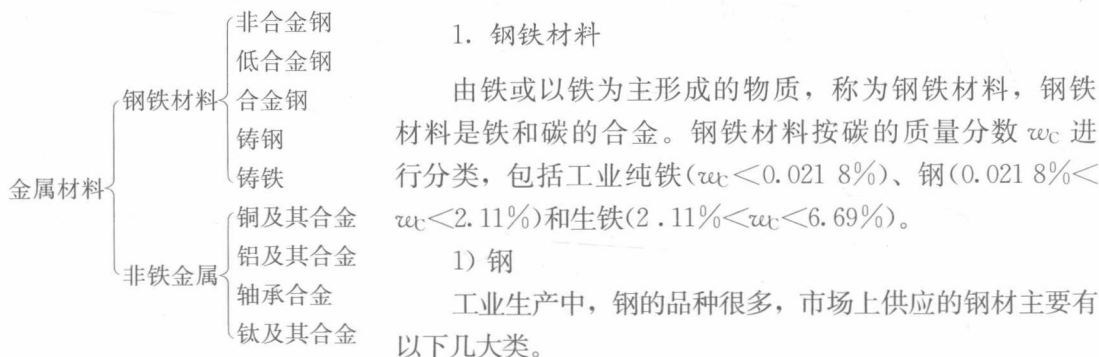


图 1.1 金属材料的分类

(1) 板材。板材一般分为厚板和薄板。4~60mm 为中、厚板;4mm 以下为薄板,分冷轧钢板和热轧钢板,薄板轧制后可直接交货或经过酸洗,镀锌或镀锡后交货使用。

(2) 管材。管材分为无缝钢管和有缝钢管两种。无缝钢管用于高压;有缝钢管是用带钢卷制后焊成的,焊接的钢管生产率较高、成本低。

(3) 型材。常用的型材有圆钢、扁钢、方钢、角钢、工字钢、槽钢等。

(4) 线材。线材是用圆钢或方钢经过冷拔而成的。其中的高碳钢丝用于制作弹簧丝或钢丝绳,低碳钢丝用于捆绑等。

(5) 其他材料。其他材料主要是指要求具有特种形状与尺寸的异形钢材,如齿轮轮坯等。

2) 生铁

生铁是由铁矿石经高温冶炼而得的,它是炼钢和铸造的原材料。

2. 非铁金属

除黑色金属以外的其他金属,都称为非铁金属,如铜、铝、镁、锌等。

1.1.2 钢铁基本组织

要掌握机械中各种钢和铸铁的组织、性能及加工方法等,必须先了解铁碳合金的化学成分、组织与性能之间的关系。铁碳合金在固态下的基本组织有铁素体、奥氏体、渗碳体、珠光体和莱氏体。

1. 铁素体

铁素体是指 α -Fe 或其内固溶有一种或数种其他元素所形成的晶体点阵为体心立方的固溶体,常用符号 F(或 α)表示。

α -Fe 碳的质量分数很小,在 727℃ 时碳的质量分数 ($w_c = 0.0218\%$) 最大,随着温



度的下降,其碳的质量分数逐渐减少,所以,在室温状态下铁素体的性能几乎和纯铁相同,即强度($\sigma_b=180\sim 280\text{MPa}$)和硬度($50\sim 80\text{HBW}$)都较低,而塑性($\delta=30\%\sim 50\%$)和韧性($\alpha_k=160\sim 200\text{J/cm}^2$)都高。

2. 奥氏体

奥氏体是指 $\gamma\text{-Fe}$ 内固溶有碳和其他元素所形成的晶体点阵为面心立方的固溶体,常用符号A表示。

奥氏体仍保持 $\gamma\text{-Fe}$ 的面心立方晶格。奥氏体熔碳能力较大,在 $1\,148^\circ\text{C}$ 时碳的质量分数($w_c=2.11\%$)最大,随着温度下降,碳的质量分数逐渐减少,在 727°C 时碳的质量分数为 $w_c=0.77\%$ 。

奥氏体具有一定的强度($\sigma_b=400\text{MPa}$)、硬度($160\sim 220\text{HBW}$)、塑性好($\delta=40\%\sim 50\%$),在机械制造中,钢材大多数要加热至高温奥氏体状态进行压力加工,因塑性好而便于成型。

3. 渗碳体

渗碳体的晶格形式与碳和铁都不一样,渗碳体是复杂的晶格类型。

渗碳体碳的质量分数是 6.69% ,熔点为 $1\,227^\circ\text{C}$,常用符号 Fe_3C 表示。渗碳体的结构较复杂,硬度高,脆性大,塑性与韧性极低。渗碳体是碳在铁碳合金中的主要存在形式,是亚稳定的金属化合物,在一定条件下,渗碳体可分解成铁和石墨,这一过程对于铸铁的生产具有重要意义。

4. 珠光体

珠光体是奥氏体从高温缓慢冷却时发生共析转变形成的,珠光体是铁素体(软)和渗碳体(硬)组成的机械混合物,常用符号P表示。

在珠光体中,铁素体和渗碳体仍保持各自原有晶格类型。珠光体碳的质量分数为 0.77% 。珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间,有一定的强度和塑性,硬度适中,是一种综合力学性能较好的组织。

5. 莱氏体

莱氏体是指高碳的铁基合金在凝固过程中发生共晶转变形成的奥氏体和碳化物渗碳体组成的共晶体。

莱氏体碳的质量分数为 4.3% ,当碳的质量分数 $w_c>2.11\%$ 的铁碳合金从液态缓冷至 $1\,148^\circ\text{C}$ 时,将从液体中同时结晶出奥氏体和渗碳体的机械混合物,即莱氏体,常用符号 L_d 表示。由于奥氏体在 727°C 时转变为珠光体,所以在室温时莱氏体由珠光体和渗碳体组成。为了区别起见,将 727°C 以上的莱氏体称为高温莱氏体 L_d ,在 727°C 以下的莱氏体称为低温莱氏体 L'_d ,或称为变态莱氏体。莱氏体的性能和渗碳体相似,硬度很高,塑性很差。

1.1.3 钢中常存杂质元素的影响

1. 硫

硫(S)是由生铁和燃料带入的杂质,炼钢时难以除尽。在固态下硫不溶于铁,在钢中



是有害元素。当钢在 1 000~1 200℃压力加工时,由于低熔点共晶体熔化,显著减弱晶粒之间的联系,使钢材在压力加工时沿晶界开裂,这种现象称为热脆。因此,必须严格控制钢中硫的质量分数。

2. 磷

磷(P)是由生铁和燃料带入的杂质,炼钢时难以除尽。磷能全部溶于铁素体,提高了铁素体的强度、硬度;但在室温下钢的塑性、韧性急剧下降,变脆,这种现象称为冷脆。所以,磷是一种有害杂质元素,因此要严格控制磷在钢中的含量。

1.2 汽车机械零件材料

汽车机械用材料分常用钢铁材料和新型复合材料,常用钢铁材料有普通碳素钢、优质碳素钢、合金钢、铸钢、生铁等。

1.2.1 非合金钢

1. 按质量分类

1) 普通钢

普通钢是指对生产过程中控制质量无特殊规定的一般用途的非合金钢,应用时不规定热处理。质量等级分 A 级钢和 B 级钢两种,硫、磷含量均 $\leq 0.050\%$ 。牌号用 Q 字打头, Q 表示屈服极限,如 Q235 表示 $\sigma_s = 235\text{MPa}$,常用牌号见表 1-1 或 GB/T 700—2006《碳素结构钢》。

表 1-1 普通结构钢的化学成分(GB/T 700—2006)

牌号	统一数字 代号 ^①	等级	厚度 (或直径)/ mm	脱氧方法	化学成分(质量分数)/(%)，不大于				
					C	Si	Mn	P	S
Q195	U11952	—	—	F、Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	U12152	A	—	F、Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	U12155	B							0.045
Q235	U12352	A	—	F、Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B			0.20 ^②				0.045
	U12358	C		Z	0.17			0.040	0.040
	U12359	D		TZ				0.035	0.035
Q275	U12752	A	—	F、Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	U12755	B	≤40	Z	0.21			0.045	0.045
			>40		0.22				
	U12758	C	—	Z	0.20			0.40	0.040
U12759	D	TZ		0.035		0.035			

① 表中为镇静钢、特殊镇静钢牌号的统一数字,沸腾钢牌号的统一数字代号如下:

Q195F—U11950;

Q215AF—U12150, Q215BF—U12153;

Q235AF—U12350, Q235BF—U12353;

Q275AF—U12750。

② 经需方同意, Q235B 的碳含量可不大于 0.22%。



2) 优质钢

优质钢在生产过程中需要特别控制硫、磷的含量，硫、磷含量均应 $\leq 0.040\%$ 。牌号用碳的质量分数的万分数表示，如 10 钢、20 钢、35 钢、45 钢等。如 20 表示碳的质量分数为 0.2%，常用牌号见表 1-2 或 GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》。

表 1-2 优质碳素钢的力学性能与应用

钢号	w_C	w_{Si}	w_{Mn}	力学性能					应用举例
				$\sigma_b /$ MPa	$\sigma_s /$ MPa	$\delta_5 /$ (%)	$\psi /$ (%)	$\alpha_k /$ (J/cm ²)	
				不小于					
08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	330	200	33	60	—	塑性好，适合制作要求高韧性的冲击件、焊接件、紧固件、如螺栓、螺母、垫圈等，渗碳淬火后可制造强度不高的耐磨件，如凸轮、滑块、活塞销等
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	340	210	31	55	—	
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	380	230	27	55	—	
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	420	250	25	55	—	
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	460	280	23	50	90	
30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	500	300	21	50	80	综合力学性能优良，适合制作负荷较大的零件，如连杆、曲轴、主轴、活塞件（销）、表面淬火齿轮、凸轮等
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	540	320	20	45	70	
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	580	340	19	45	60	
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	610	360	16	40	50	
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	640	380	14	40	40	
55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	660	390	13	35	—	屈服点高，硬度高，适合制作弹性零件(如各种螺旋弹簧、板簧等)，以及耐磨零件(如轧辊、钢丝绳、偏心轮等)
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	690	410	12	35	—	
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	710	420	10	30	—	
70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	730	430	9	30	—	
80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	1100	950	6	30	—	
85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	1150	1000	6	30	—	

2. 按碳的质量分数分类

1) 低碳钢

低碳钢是指碳的质量分数 $w_C < 0.25\%$ 的铁碳合金。

2) 中碳钢

中碳钢是指碳的质量分数 $w_C = 0.25\% \sim 0.6\%$ 的铁碳合金。

3) 高碳钢

高碳钢是指碳的质量分数 $w_C > 0.6\%$ 的铁碳合金。

3. 按用途分类

1) 结构钢

碳素结构钢主要用于制造各种机械零件和工程结构件，碳的质量分数为 $w_C < 0.7\%$ 。

主要用作制造不太重要的齿轮、轴、螺栓、螺母、弹簧等机械零件。

2) 工具钢

工具钢的碳的质量分数 $w_c > 0.7\%$ ，这类钢热处理后具有高的硬度和耐磨性，主要用于制造工具。如制作刀具、模具、量具等，如 T7、T8、…、T11、T12 等。若为高级优质钢在牌号后附以 A 字，如 T12A 等，常用工具钢见表 1-3 或 GB/T 1299—2000《合金工具钢》及 GB/T 9943—2008《高速工具钢》。

表 1-3 常用工具钢化学成分与应用

牌号	化学成分/(%)			退火状态 HBW 不大于	试样淬火 HRC 不小于	用途举例
	w_C	w_{Si}	w_{Mn}			
T7 T7A	0.65~ 0.74	≤0.35	≤0.40	187	800~820℃ 水冷 62	用作能承受冲击、韧性较好、硬度适当的工具，如扁铲、手钳、大锤、旋具、木工工具等
T8 T8A	0.75~ 0.84	≤0.35	≤0.40	187	800~820℃ 水冷 62	用作能承受冲击、要求具有较高硬度与耐磨性的工具，如冲头、压缩空气锤工具及木工工具等
T10 T10A	9.95~ 1.04	≤0.35	≤0.40	197	760~780℃ 水冷 62	用作不受剧烈冲击、要求具有高硬度与耐磨性的工具，如车刀、刨刀、冲头、丝锥、钻头、手锯锯条等
T12 T12A	1.15~ 1.24	≤0.35	≤0.40	207	760~780℃ 水冷 62	用作不受冲击、要求具有高硬度、高耐磨性的工具，如锉刀、刮刀、精车刀、丝锥、量具等

1.2.2 合金钢

为了提高钢的性能，在炼钢时有意识地向钢液中加入一些合金元素，这样获得的钢称为合金钢。合金结构钢的牌号以“两位数字+合金元素符号+数字”表示。合金钢中常加的合金元素有 Mn(锰)、Si(硅)、Cr(铬)、Ni(镍)、Mo(钼)、V(钒)、Ti(钛)、Nb(铌)、Co(钴)、Al(铝)、B(硼)、Re(铼)等。合金钢种类繁多，汽车用低碳合金钢见表 1-4。

表 1-4 常用合金渗碳钢化学成分与应用

牌号	渗碳 温度/ ℃	热处理			力学性能					应用举例
		预备处 理温度/ ℃	淬火 温度/ ℃	回火 温度/ ℃	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / (%)	ψ / (%)	α_{KU} / (J/cm ²)	
20Cr	910~	880 水 或油冷	780~820 水或油冷	200	835	540	10	40	47	齿轮、小轴、活 塞销
20CrMnTi	950	880 油冷	870 油冷	200	1 080	850	10	45	55	汽车和拖拉机上各 种变速齿轮、传动件



(续)

牌号	渗碳 温度/ ℃	热处理			力学性能					应用举例
		预备处 理温度/ ℃	淬火 温度/ ℃	回火 温度/ ℃	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / (%)	ψ / (%)	α_{KU} / (J/cm ²)	
20CrMnMo	910~ 950		850 油冷	200	1 180	885	10	45	55	拖拉机主动齿轮、 活塞销、球头销
20MnVB			860 油冷	200	1 080	885	10	45	55	可代替 20CrMnTi 钢制作齿轮及其他渗 碳零件

合金结构钢经过不同的热处理，能满足各种机器的性能要求，可根据不同需要加入一种或几种元素来改善力学性能要求。合金结构钢的种类繁多，如不锈钢、耐热钢、耐腐蚀钢、耐磨钢、刃具钢、量具钢、模具钢等，汽车机械常用牌号有 40Cr、35SiMn、60Si2Mn、GCr15 等，见表 1-5。

表 1-5 常用合金调质钢化学成分与应用

钢号	热处理		力学性能					用途举例
	淬火 温度/℃	回火 温度/℃	σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / (%)	ψ / (%)	α_{KU} / (J/cm ²)	
40B	840 水冷	550 水冷	780	635	12	45	55	齿轮转向拉杆、凸轮
40Cr	850 油冷	520 水、油冷	980	785	9	45	47	齿轮、套筒、轴、进气阀
40MnB	850 油冷	500 水、油冷	980	785	10	45	47	汽车转向轴、半轴、蜗杆
40CrNi	820 油冷	500 水、油冷	980	785	10	45	55	重型机械齿轮、轴、燃 汽轮机叶片、转子和轴
40CrMnMo	850 油冷	600 水、油冷	980	785	10	45	63	重载荷轴、齿轮、连杆

1.2.3 铸钢

铸钢一般应用于结构复杂而且要求有较高强度、塑性、韧性及特殊性能的结构件，如承受有冲击载荷的汽车机架、缸体、齿轮、连杆等。

铸钢牌号是“ZG+数字+数字”。第一组数字代表屈服极限 σ_s ，第二组数字代表强度极限 σ_b 。如 ZG310-570， $\sigma_s=310\text{MPa}$ ， $\sigma_b=570\text{MPa}$ 。常用铸钢的牌号见表 1-6，此外还有合金铸钢参阅机械设计手册。



表 1-6 常用铸钢的力学性能

牌号	主要化学成分/(%)					室温力学性能(最小值)				
	$w_C \leq$	$w_{Si} \leq$	$w_{Mn} \leq$	$w_S \leq$	$w_P \leq$	σ_s/MPa	σ_b/MPa	$\delta/(\%)$	根据合同选择	
									$\psi/(\%)$	$\alpha_{KU}/(\text{J}/\text{cm}^2)$
ZG200-400	0.2	0.5	0.8	0.04	0.04	200	400	25	40	30
ZG230-450	0.3	0.5	0.9			230	450	22	32	25
ZG270-500	0.4	0.5	0.9			270	500	18	25	22
ZG310-570	0.5	0.6	0.9			310	570	15	21	15
ZG340-640	0.6	0.6	0.9			340	640	10	18	10

1.2.4 铸铁



铸铁是碳的质量分数在 2.11%~6.69% 之间, 组织中具有共晶组织的铁碳合金。

工业上使用的铸铁是以 Fe、C、Si 为主要元素的多元合金。其成分范围大致为: 碳的含量为 2.4%~4.0%、硅含量为 0.6%~3.3%、锰含量为 0.2%~1.2%、磷含量为 0.02%~1.2%、硫含量为 0.02%~0.15%, 有时还加入合金元素生产成合金铸铁。

1. 普通灰铸铁

普通灰铸铁即碳主要以石墨的形式存在的铸铁, 断口呈灰色。牌号是“HT+数字”, 如 HT100、HT150、…、HT350、HT400 等。数字表示最低抗拉强度, 如 200 表示最低抗拉强度为 200MPa。

优点: 灰铸铁的减振性、耐磨性、导热性好, 缺口敏感性低。

缺点: 力学性能低。虽然基体中溶入了锰、硅强化了基体, 但石墨的缩减作用和切割作用, 却使灰铸铁的力学性能大大降低。

用途: 用来制作各种主要承受压力, 并要求减振性、耐磨性好及缺口敏感性低的机械零件, 如机床床身、机架、导轨等。

2. 球墨铸铁

用球化剂对铁液进行处理, 使石墨大部或全部呈球状的铁碳合金。牌号是“QT+数字+数字”, 第一组数字代表最低抗拉强度, 第二组数字代表断后延伸率。如 QT500-7、QT900-2 等。

性能: 球墨铸铁具有接近灰铸铁的铸造性能, 又具有接近铸钢的力学性能, 强度、塑性、韧性大大高于灰铸铁, 接近铸钢, 具有良好的减振性、耐磨性和低的缺口敏感性。

用途: 用于制作强度、韧性、耐磨性等要求较高的零件。如柴油机、汽车的曲轴、凸轮轴、连杆和中压阀门等。

1.2.5 有色金属及其合金

化学元素周期表中除铁以外的金属均称非铁合金, 其中相对密度小于 4.5 的非铁合金



称为轻金属(如铝、镁、钛等)。

1. 铝及铝合金

1) 工业纯铝

纯铝熔点为 660°C ，密度为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，在大气中抗蚀性较高，强度和硬度低、塑性高。

2) 铝合金

通过加入硅、铜、镁、锌、锰等合金元素，使铝得到固溶强化、沉淀强化及组织强化，从而得到高强度的铝合金，主要用于需要减轻质量的零件和结构。

2. 铜及铜合金

1) 纯铜

纯铜又称紫铜，熔点为 1083°C ，密度为 $8.9\text{g}/\text{cm}^3$ 。纯铜具有优良的导电性和导热性，在许多介质中的化学稳定性高，大气中耐腐蚀，抗拉强度不高，塑性很好，冷加工可大大提高铜的强度和硬度。

2) 铜合金

铜合金分为黄铜、白铜和青铜三类。

(1) 黄铜。以锌为主要合金元素的铜基合金称为黄铜。黄铜具有良好的力学性能、加工成型性、导电性和导热性，色泽美丽，价格较低；按生产工艺特点又分为变形黄铜和铸造黄铜。当黄铜中还含有除锌以外的其他合金元素(Pb、Sn、Mn等)时属于特殊黄铜。黄铜是有色金属中应用最为广泛的金属材料。

(2) 白铜。以镍为主要合金元素的铜基合金称为白铜，再加入其他合金元素(如 Zn、Mn、Fe 等)时称为复杂白铜。

(3) 青铜。除黄铜、白铜以外的铜基合金均称为青铜。青铜分锡青铜、铝青铜、铍青铜等。

① 锡青铜。以锡为主加合金元素，特点是耐蚀、耐磨、强度高、塑性好。

② 铝青铜。以铝为主加合金元素，特点是具有良好的力学性能，耐蚀性和耐磨性好，并能进行热处理强化。

③ 铍青铜。以铍为主加合金元素，能通过热处理强化，有很高的强度、硬度、疲劳极限和弹性极限，而且耐蚀、耐磨、无磁性，导电性和导热性好，受冲击无火花。

1.2.6 新型材料

新型材料是指最近发展或正在发展的具有比传统材料性能更为优异的一类材料，是高新技术的产物，同时又是高新技术发展的关键之一。

1. 纳米材料

纳米材料是指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围($1\sim 100\text{nm}$)或由它们作为基本单元构成的材料，这相当于 $10\sim 100$ 个原子紧密排列在一起的尺度。目前，按研究内容的不同，纳米材料又分为纳米金属材料、纳米磁性材料、纳米陶瓷材料和纳米复合材料等。

2. 智能材料

智能材料亦称为灵巧或机敏材料。所谓智能材料就是能感知外部刺激(传感功能)、