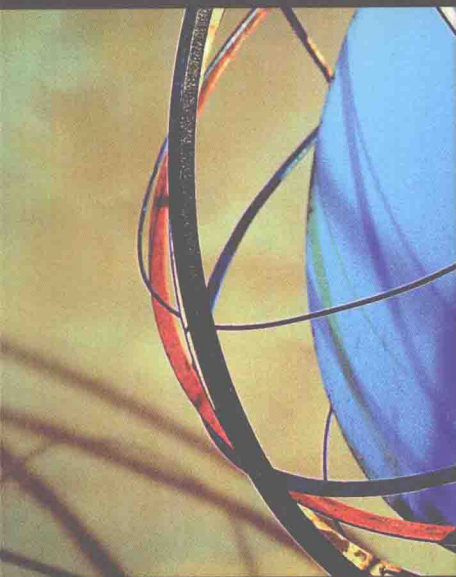


高等职业教育“十二五”规划教材/GAODENG ZHIYEJIAOYU SHIERWU GUIHUA JIAOCAI



金属材料 基础

JINSHU CAILIAO JICHU

黄象珊 主编

第 1 章 绪论 1



金属材料 基础

（第 2 版）

主编：王 强

第 1 章 绪论 1

高等职业教育“十二五”规划教材

金属材料基础

主 编 黄象珊

副主编 谢颂京 伍小美

参 编 周智敏 胡晓东 殷 铭



机械工业出版社

本书针对高职人才培养特点,以就业为导向,以能力为本位,以岗位实际需求为依据,集中体现教学内容的模块化,重点培养学生营销专项能力和业务流程的分析与操作能力。本书内容包括金属材料的分类、牌号、用途、性能特点、流通技术、检验、储运管理和行情概况等知识要点。本书分为7个模块,包括金属材料概述、钢材、钢铁材料的牌号、钢材的检验与储运管理、铜及铜合金、铝及铝合金、其他有色金属。书中每个模块都附有知识扩展和思考练习,便于读者轻松阅读与学习,教师可在教学过程中根据专业的不同和实际情况作适当的取舍。本书立足于对学生创新精神、全面素质和营销综合职业能力的培养,将高职学生培养成为“能识货、会管理、懂经营、知工艺、强能力、高素质”的应用型营销人才。

本书可作为市场营销(工业品方向)、工商管理、物流、国际贸易等专业的教学用书,也可作为广大读者学习金属材料知识的入门指导书。

本书配有电子课件,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料基础/黄象珊主编. —北京:机械工业出版社,2013.7
高等职业教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-43031-5

I. ①金… II. ①黄… III. ①金属材料—高等职业教育—教材
IV. ①TG14

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第136294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:王英杰 责任编辑:王英杰 武晋

责任校对:陈越 封面设计:鞠杨

责任印制:张楠

北京玥实印刷有限公司印刷

2013年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.5印张·229千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-43031-5

定价:21.00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

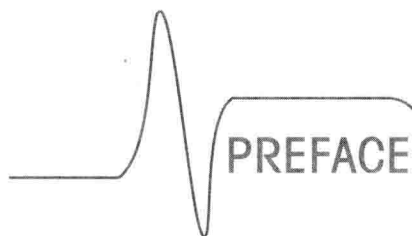
机工官网:<http://www.cmpbook.com>

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

PREFACE

金属材料是工农业、航空航天、轻工业等不可缺少的生产资料，广泛应用于国民经济和人民生活的各方面。随着社会经济的发展，钢材等一大批金属材料商品需求量越来越大，对金属材料营销人员的素质、技能也提出了更高的要求，因此需要有一支高素质的工业品营销人才队伍，以完成从制造商到消费者的商品实体转移。

本书根据以工科知识为依托的商科人才培养模式进行编写，紧密结合高职高专商贸类专业的教学需要和岗位需求，突出实用性和应用性，着重培养学生应岗能力和营销专项能力。本书语言简洁、通俗易懂，实物图片丰富精美，特别适合没有工科专业基础的商贸类专业学生学习。通过阅读本书，能够对金属材料的基本知识有整体、清晰的了解，读者会觉得学习金属材料知识是一件轻松、愉悦的事。

本书由浙江经济职业技术学院黄象珊主编，谢颂京、伍小美任副主编。全书共 7 个模块，其中黄象珊编写模块 2 和模块 7，谢颂京编写模块 3，伍小美编写模块 1，杭州职业技术学院周智敏编写模块 4，浙江工业职业技术学院胡晓东编写模块 5，苏州工业职业技术学院殷铭编写模块 6。

在本书的编写过程中，参考了国内外同行的大量文献，部分内容来自互联网（无法获知相关作者的信息，未在参考文献中注明），谨向相关人员表示衷心的感谢！同时浙江物产金属集团公司的张庆波、吕仙莉等同志对本书的编写给予了宝贵的意见和建议，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请专家和广大读者给予批评指正，以便进一步修改完善。

编 者

目 录

前言

模块 1 金属材料概述	1
1.1 金属材料概况	2
1.2 金属材料的分类	4
1.3 金属材料的性能	9
知识扩展	12
思考与练习 1	18
模块 2 钢材	20
2.1 型材	21
2.2 板材	33
2.3 管材	37
2.4 金属制品	39
知识扩展	43
思考与练习 2	48
模块 3 钢铁材料的牌号	50
3.1 特殊性能钢牌号的表示方法及应用	51
3.2 工具钢牌号的表示方法及应用	53
3.3 结构钢牌号的表示方法及应用	56
3.4 铸铁牌号的表示方法及应用	63
知识扩展	66
思考与练习 3	69
模块 4 钢材的检验与储运管理	71
4.1 钢材的检验	72
4.2 钢材的储运管理	81

知识扩展.....	84
思考与练习 4.....	93
模块 5 铜及铜合金	95
5.1 铜	96
5.2 铜合金.....	97
5.3 铜材.....	103
知识扩展.....	108
思考与练习 5.....	110
模块 6 铝及铝合金	112
6.1 铝	113
6.2 铝合金.....	114
6.3 铝材.....	118
知识扩展.....	123
思考与练习 6.....	124
模块 7 其他有色金属	126
7.1 铅、铅合金及铅材	127
7.2 钛、镁、锡、镍、锌等有色金属.....	129
7.3 金、银、铂贵金属	134
知识扩展.....	137
思考与练习 7.....	142
参考文献	144

模块 1

金属材料概述

应知

- ★ 掌握金属材料的分类。
- ★ 掌握黑色金属材料 and 有色金属材料的种类。
- ★ 了解金属材料的性能特点。

应会

- ★ 能通过网络查询到具体金属材料的相关信息。

材料作为人类社会发展历程的主要标志，是人类社会进化的里程碑，对材料的认识和利用的能力决定着社会形态和人类生活的质量，材料常成为划分时代的标志。如图 1-1 所示，根据材料大量应用的不同阶段，人类社会的发展经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁时代、新材料时代……



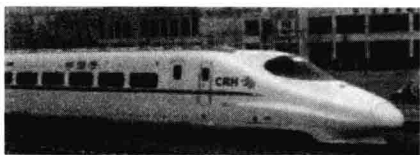
图 1-1 材料发展与人类社会

1.1 金属材料概况

人类文明的发展与社会进步同金属材料的关系十分密切,继石器时代之后,出现青铜器时代,随后是铁器时代,均以金属材料的应用为其时代的显著标志。19 世纪以来,随着科学技术的发展,铝、钛及其他稀有金属材料相继获得工业生产和应用,钢铁生产得到进一步发展。20 世纪 50 年代以来,新型金属材料的发展更是方兴未艾,难以估量;现代,种类繁多的金属材料已成为人类社会发展的物质基础,如各种交通工具、建筑物、工程机械和一些生活用品等都离不开金属材料,金属材料在经济建设和日常生活中无处不在,如图 1-2 所示。



a)



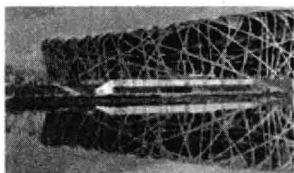
b)



c)



d)



e)



f)

图 1-2 金属材料制品

a) 飞机 b) 动车 c) 游轮 d) 工程机械 e) 鸟巢 f) 家用刀具

自欧洲的工业革命以来,钢铁一直是人类使用的最重要的材料,是国家工业化的基础,钢铁的生产能力是一个国家综合实力的重要标志,目前世界钢铁产量仍然在逐年增长。据世界钢铁协会统计数据,2011 年全球 64 个国家(或地区)粗钢产量 15.27 亿 t,同比增长 6.8%,创历史新高;我国钢铁企业粗钢产量 6.955 亿 t,同比增长 8.9%。

2011 年，中国钢铁企业在全球钢铁企业中仍然占据主导地位，全球排名前 20 位的钢铁企业中，中国企业有 9 家，位列前 10 位的有 6 家，位列前 5 位的有 4 家，与 2010 年排名情况基本相同。2011 年，河北钢铁集团有限公司产量 7 113 万 t，继续位居全球第二位；鞍山钢铁集团公司（以下简称“鞍钢”）超过宝钢集团（以下简称“宝钢”）跃居第三位，江苏沙钢集团（以下简称“沙钢”）和首钢集团（以下简称“首钢”）则双双超越日本 JFE 钢铁公司分别上升至第 8 位和第 9 位，见表 1-1。钢铁工业发展的趋势呈现产品结构在变化，板材、管材、带材等高附加值产品的比重大幅增长，钢铁作为工业中最重要的材料，广泛应用于电力系统、汽车工业、铁路与桥梁、船舶与海上钻井平台、兵器工业、石油开采机械及输油管道、化工压力容器、建筑钢筋和构架等。在未来很长的一段时期内，钢铁材料的主导地位仍将难以动摇。

表 1-1 2010 年和 2011 年全球位列前 20 的钢铁企业年度产量表

公司名称	所在国	2011 年		2010 年	
		排名	产量/Mt	排名	产量/Mt
安赛乐米塔尔	卢森堡	1	91.9	1	90.6
河北钢铁集团	中国	2	71.1	2	52.9
鞍山钢铁集团公司	中国	3	46.2	4	40.3
宝钢集团	中国	4	43.3	3	44.5
武汉钢铁股份有限公司	中国	5	37.7	5	36.5
浦项制铁公司	韩国	6	37.3	6	35.4
新日铁	日本	7	33.3	7	34.5
江苏沙钢集团	中国	8	31.9	9	30.1
首钢集团	中国	9	30.0	10	25.8
JFE 钢铁公司	日本	10	29.9	8	31.1
山东钢铁集团有限公司	中国	11	24.0	12	23.2
塔塔钢铁	印度	12	23.8	11	23.5
美国钢铁公司	美国	13	21.9	13	22.2
盖尔道钢铁公司	巴西	14	19.6	15	17.8
渤海钢铁集团有限公司	中国	15	19.2	16	17.4
蒂森克虏伯公司	德国	16	17.9	17	16.7
纽柯钢铁公司	美国	17	17.7	18	16.5
耶弗拉慈公司	俄罗斯	18	16.8	19	16.3
马钢集团	中国	19	16.7	20	15.4
里瓦公司	意大利	20	16.0	23	14.0

有色金属是金属材料中的重要一员，虽然其产量只是钢铁材料的 6%，然而有时它却以独有的性能占据不可替代的地位。铝是最重要的轻金属，具有低密度（2.7g/cm³）、抗大气腐蚀、良好的导电性、高比强度和良好的可加工性，是航空工业及多种工业领域中的重要结构材料。钛具

有密度小 (4.5g/cm^3)、强度高、耐高温和腐蚀的优良性能,在航空航天及其他工业领域有重要用途。镁的密度仅有 1.7g/cm^3 ,比强度高,减振能力强,在航空航天领域也有重要作用。铍的密度是 1.8g/cm^3 ,刚度很高,尺寸稳定,惯性低,用于制造惯性导航和航天低重量刚性件;比热容大,可用于制造散热片和飞行器头部等。铜可用于机械、仪表、电机、轴承、汽车等工业。锌用于制造电池锌板、照相和胶印制版、模具和仪表零件。镍的工作温度可达 1050°C ,用于制造航空、火箭发动机和反应堆中的高温部件。锰具有减振性好,可用于制造钻杆等。铅、锡可用于制造熔体、熔断器、钎料等。钨的熔点高达 3407°C ,密度大 (19.3g/cm^3),可用于制造大威力穿甲弹等。钼熔点达 2610°C 、在 $1100\sim 1650^\circ\text{C}$ 下有较高的比强度。铌的熔点达 2477°C ,可用作飞机和宇宙飞船推进系统中的高温材料。金、银、铂、钯、铑、铱等金属具有良好的化学惰性、艳丽的色泽、长期不褪色,可做装饰品、精密电阻、热电偶等。

1.2 金属材料的分类

金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性的材料统称为金属材料,包括纯金属、合金、金属化合物和特种金属材料等。

金属材料种类繁多,已成为人类社会发展的重要物质基础,是商品生产和消费中的主要原材料。目前发现的地壳中金属元素约有 86 种,含量十分丰富,经过冶炼加工而得到的铁、钢、铝、锌、锡、钛、金、银等金属及其合金,是各种餐具、医疗器械、办公用品、工艺品、首饰、建筑门窗、家用电器等商品的主要原材料。

金属材料的分类方法有科学上的分类和工业上的分类。科学上的分类是依据元素周期表,把金属按一定的规律分为碱金属、碱土金属、镧系金属和钢系金属等。工业上的分类中,按是否含有铁可分为钢铁材料和非铁金属材料,按颜色可分为黑色金属和有色金属,按密度可分为重金属和轻金属,按市场价值可分为贵金属和贱金属,按储量可分为稀有金属和富有金属。下面,对常用的黑色金属和有色金属作简单介绍。

1.2.1 黑色金属

铁、铬、锰及其合金通常称为黑色金属材料,黑色金属也称为钢铁材料,包括生铁、铸铁、铁合金、钢和钢材。

1.2.1.1 生铁

生铁是直接由高炉中冶炼出来碳的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金，可进一步精炼成钢、熟铁或工业纯铁，或再熔化铸造成专门的形状。根据生铁的用途不同，生铁可分为炼钢生铁和铸造生铁。

1. 炼钢生铁

炼钢生铁质硬而脆，可加工性很差，一般用作炼钢的原材料。炼钢生铁按硅的质量分数不同划分牌号，如 L04、L08、L10，“L”表示炼钢用，阿拉伯数字是用平均千分数表示的硅的质量分数。每个牌号按含锰量不同而分组，按含磷量不同而分级，按含硫量不同而分类。一般来说，级、类的序号越大，硫、磷等杂质元素的含量越高。

2. 铸造生铁

铸造生铁具有良好的切削加工性能、耐磨性能和铸造性能，但抗拉强度不够，只能用于制造各种铸件。铸造生铁可分为普通铸造生铁和冷铸车轮生铁两种。普通铸造生铁的牌号如铸 30、铸 22、铸 14，阿拉伯数字表示硅质量千分数。与炼钢生铁一样，根据含锰、磷、硫的不同，还可分组、级、类。组、级、类的序号越大，有关元素的含量就越多。冷铸车轮生铁主要用于铸造火车车轮，只有一个牌号，即“冷 08”或“L08”，牌号内不分组、级、类。

1.2.1.2 铸铁

铸铁是以铸造生铁为主要原料，经过二次加工调整成分后，主要由铁、碳和硅组成的碳质量分数大于 2.11% 的合金的总称。

铸铁具有良好的耐磨性、高消振性、低缺口敏感性、铸造性以及优良的切削加工性能，但其抗拉强度、塑性和韧性较差。铸铁按断口颜色不同分为灰铸铁、白口铸铁和麻口铸铁；按化学成分不同可分为普通铸铁和合金铸铁；按生产方法和组织性能不同可分为普通灰铸铁、孕育铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和特殊性能铸铁；按碳在铸铁中存在的状态不同可分为白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁。

1.2.1.3 铁合金

铁合金是在炼铁时特意加入其他成分，炼成含有不同合金元素的特种生铁。铁合金是炼钢的原料之一，也可用于铸造。在炼钢时作为钢的脱氧剂和合金元素，用以改善钢的性能。

铁合金的品种很多，按所含的元素可分为硅铁、锰铁、铬铁、钨铁、钼铁、钛铁、钒铁、磷铁、硼铁、镍铁、铌铁、硅锰合金、稀土

合金等，其中用量最大的是锰铁、硅铁和铬铁。按生产方法的不同，铁合金通常又分为高炉铁合金、电炉铁合金、炉外法铁合金、真空碳还原铁合金等。

1.2.1.4 钢

钢是碳的质量分数小于 2.11%的铁碳合金，大部分经压力加工成钢材，极小部分用于生产铸钢件。钢的种类到目前为止已有上千种，钢的分类方法也多种多样，常见的分类方法有如下几种：

1. 按品质分类

钢按硫和磷的含量不同分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

2. 按化学成分分类

钢按化学成分不同分为碳素钢和合金钢。碳素钢根据含碳量不同，可分为工业纯铁、低碳钢、中碳钢和高碳钢；合金钢根据合金含量不同可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。

3. 按成形方法分类

钢按制造成形方法不同分为锻钢、铸钢、热轧钢和冷拉钢等。

(1) 锻钢 锻钢指采用锻造方法生产出来的各种锻钢件。

(2) 铸钢 铸钢指采用铸造方法生产出来的一种钢铸件。含碳量高的铸造碳钢，强度大，硬度高，用于制造重型机械中承受大负荷的零件，如轧钢机机架、水压机底座等，以及用于制造铁路车辆上受力大又承受冲击的零件，如摇枕、侧架、车轮和车钩等。

(3) 热轧钢 热轧钢指采用高温加热轧制而成的钢材，广泛用于船舶、汽车、桥梁、建筑、机械、压力容器等制造行业。

(4) 冷拉钢 冷拉钢指在常温条件下，以超过原来钢屈服强度的拉应力强行拉伸钢，使钢产生塑性变形以达到提高钢屈服强度和节约钢材的目的，常用于生产钢丝。

4. 按金相组织分类

钢按金相组织的不同分为退火状态、正火状态和无相变或部分发生相变的钢，包括亚共析钢、共析钢、过共析钢、莱氏体钢、珠光体钢、贝氏体钢、马氏体钢、奥氏体钢等。

5. 按用途分类

钢按用途不同分为建筑及工程用钢、结构钢、工具钢、特殊性能钢和专业用钢等。

6. 综合分类

依据钢的品质和用途，同时考虑管理、分配的方便，进行综合分类，分为普通钢、优质钢、工具钢和特殊性能钢等。

7. 按冶炼方法分类

根据钢的冶炼方法中炉种不同，钢可以分为平炉钢、转炉钢和电炉钢；按脱氧程度不同，分为沸腾钢、镇静钢和特殊镇静钢。

1.2.1.5 钢材

钢经过一系列生产工艺和流程，加工成各种形状和尺寸的产品，统称为钢材。钢材品种繁多，广泛应用于社会经济建设中。根据截面形状的不同，钢材一般分为型材、板材、管材和金属制品 4 个品种。为方便钢材的生产、订货、供应和搞好经营管理工作，这 4 个品种共有 16 类，见表 1-2。

表 1-2 钢材的品种及类别

品 种	类 别	说 明
型材	重轨	每米重量大于 30kg 的钢轨（包括起重轨）
	轻轨	每米重量小于或等于 30kg 的钢轨
	大型型钢	普通钢圆钢、方钢、扁钢、六角钢、工字钢、槽钢、等边和不等边角钢及螺纹钢等。按尺寸大小分为大、中、小型
	中型型钢	
	小型型钢	
	线材	直径 5~10mm 的圆钢和盘条
	冷弯型钢	将钢材或钢带冷弯成形制成的型钢
	优质型材	优质钢圆钢、方钢、扁钢、六角钢等
	其他钢材	包括重轨配件、车轴坯、轮箍等
板材	薄钢板	厚度 $H \leq 4\text{mm}$ 的钢板
	厚钢板	厚度 $H > 4\text{mm}$ 的钢板，可分为中板（ $4\text{mm} < H \leq 20\text{mm}$ ）、厚板（ $20\text{mm} < H \leq 60\text{mm}$ ）、特厚板（ $H > 60\text{mm}$ ）
	钢带	也称带钢，实际上是长而窄并成卷供应的薄钢板
	电工硅钢薄板	也称硅钢片
管材	无缝钢管	用热轧、热轧—冷拔或挤压等方法生产的管壁无缝的钢管
	焊接钢管	将钢板或钢带卷曲成形，然后焊接制成的钢管
金属制品	金属制品	包括钢丝、钢丝绳、钢绞线等

1.2.2 有色金属

铁、铬、锰以外的金属及其合金都称为有色金属。有色

金属种类很多,到目前为止,自然界中存在的有色金属元素就有 80 多种。有色金属材料的分类方法很多,一般按其密度、价格、矿源的储量和分布情况等分为五大类,即重金属、轻金属、贵金属、半金属与稀有金属。

1. 重金属

重金属一般指密度在 4.5g/cm^3 以上的有色金属,包括铜、镍、铅、锌、钴、锡、锑、汞、镉、铋等。它们特性不同,都具有各自特殊的应用范围与用途。

2. 轻金属

轻金属一般指密度在 4.5g/cm^3 以下的有色金属,包括铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡等。这些金属不仅密度小,而且化学活性大,与氧、硫、碳及卤素形成的化合物都相当稳定。

3. 贵金属

贵金属一般指矿源少、开采和提取比较困难、价格比一般金属贵的有色金属,如金、银、铂。这些金属的特点是密度大 ($10.445\sim 22.445\text{g/cm}^3$),熔点高 ($916\sim 3\,000^\circ\text{C}$),化学性质稳定,难于被腐蚀。贵金属广泛应用于首饰、电气、电子、宇航工业等。

4. 半金属

半金属一般指物理、化学性质介于金属与非金属之间的硅、硒、碲、砷、硼等。此类金属因各自特性不同而具有不同的用途。硅是半导体的主要材料之一;高纯碲、硒、砷则是制造化合物半导体的原料;硼是合金的重要添加元素。

5. 稀有金属

稀有金属一般指在自然界中含量很少、分布稀疏或难于从原料中提取的有色金属。依其物理和化学性质、原料的共生关系、生产流程等特点,稀有金属又可划分为以下五种。

(1) 稀有轻金属 包括锂、铍、铷、铯、铊等,具有密度小、化学活性强等特点;其氧化物、氯化物都具有很高的化学稳定性,不易还原。

(2) 稀有高熔点金属 包括钨、钼、钽、铌、锆、钒、铪等,具有如下特点:熔点高,自 $1\,830^\circ\text{C}$ (钽)至 $3\,400^\circ\text{C}$ (钨),硬度大,耐蚀性强,可与一些非金属生成高硬度、高熔点的稳定化合物(碳化物、氮化物、硅化物、硼化物),是生产硬质合金的重要材料。

3. 弹性极限

材料在外力作用下将产生变形，但是去除外力后仍能恢复原状，这种能力称为弹性。金属材料能保持弹性变形的最大应力即为弹性极限，用 σ_e 表示，单位为兆帕（MPa）。

4. 弹性模量

弹性模量是材料在弹性极限范围内的应力 σ 与应变 ϵ （与应力相对应的单位变形量）之比，用 E 表示，单位兆帕（MPa）。弹性模量是反映金属材料刚性的指标（金属材料受力时抵抗弹性变形的能力称为刚性）。

1.3.1.2 塑性

金属材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性，通常用伸长率 δ （%）和断面收缩率 ψ （%）来衡量材料的塑性指标； δ 与 ψ 值越大，表明材料的塑性越好。

1.3.1.3 硬度

金属材料对局部塑性变形的抵抗能力称为硬度。硬度与强度有着一定的关系，根据硬度的测定方法，主要可以分为布氏硬度 HBW、洛氏硬度 HR 和维氏硬度 HV。

1.3.1.4 韧性

金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为韧性。

1.3.1.5 疲劳强度

金属材料抵抗疲劳破坏的能力称为疲劳强度。

1.3.2 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能主要有：密度、熔点、热膨胀系数、导电性、导热性和磁性等。

1.3.2.1 密度

单位体积的物质的质量称为密度。密度大的金属有：铅、铋、锡等；密度较小的金属有：铝、镁、钛等。例如航空航天的零部件一般选用密度小的材料，以减少能源的消耗；潜水设备等选用密度大的材料。