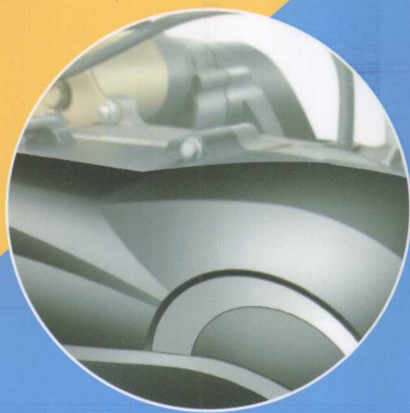


# 产品设计 材料与工艺基础

MATERIAL AND PROCESSING FOR  
PRODUCT DESIGN

李 鹏 主 编  
陶毓博 副主编  
宋魁彦 主 审



科学出版社

# 产品设计材料与工艺基础

李 鹏 主 编

陶毓博 副主编

宋魁彦 主 审

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书共 10 章,介绍了木质、金属、玻璃、陶瓷、塑料、橡胶、复合材料及模型材料等常用产品设计材料的基本知识、主要性能和工艺基础。本书还介绍了新材料研发和增材制造技术(3D 打印)的进展与应用。

本书可作为产品设计、工业设计、家居设计等相关本科专业的教材和教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

产品设计材料与工艺基础/李鹏主编. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-048285-3

I. ①产… II. ①李… III. ①产品设计-材料 ②产品设计-工艺学  
IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103569 号

责任编辑:任加林 王丽丽 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张:10 3/4

字数:252 000

定价:26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新科))

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135319-2028

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 前 言

产品设计是一系列创意行为物质化的总和，材料是设计的起点，也是设计理念物质化的基础。正确的选择材料，不仅能影响产品的造型设计、结构和功能，还会对人与产品的关系、设计与环境、设计与自然资源的合理利用产生深远的影响。

本书共 10 章，主要内容包括木质、金属、玻璃、陶瓷、塑料、橡胶、复合材料及模型材料等常用产品设计材料的基本知识、主要性能和工艺基础，为产品设计的起点提供思路和依据。本书还介绍了新材料的研发和增材制造技术的相关内容。

本书由东北林业大学李鹏担任主编，陶毓博担任副主编，东北林业大学设计学学科建设负责人宋魁彦教授担任主审。项目组的梁晨、潘玲、郭晶晶绘制了书中的部分图片。在本书编写过程中，编者参考了相关书籍和文献，在此向有关作者表示衷心的感谢。

本书的相关研究工作和出版得到教育部新世纪优秀人才计划（NCET-13-0711）的支持。

产品设计材料所涉及的各类材料学科交叉性强、知识面宽，由于编者水平有限，难免存在疏漏和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年初于东林

# 目 录

## 前言

第 1 章 概论	1
1.1 材料与设计概述	1
1.1.1 材料的基本概念	1
1.1.2 设计的基本概念	1
1.1.3 设计与材料的关系	1
1.1.4 设计材料的发展历程	1
1.2 材料的分类	2
1.2.1 按材料的发展历史分类	2
1.2.2 按材料的物质结构分类	2
1.2.3 按材料的加工程度分类	2
1.2.4 按材料的形状分类	3
1.3 材料的性能	3
1.3.1 物理性能	3
1.3.2 力学性能	6
1.3.3 化学性能	7
1.4 材料的选择	7
1.4.1 功能性选择	8
1.4.2 市场性选择	8
1.4.3 环境性选择	9
1.5 材料的美学基础	9
1.5.1 色彩	9
1.5.2 肌理	10
1.5.3 光泽	11
1.5.4 质地	12
第 2 章 木质材料与工艺	13
2.1 木材的基本知识	13
2.1.1 木材的构造	13
2.1.2 木材的三个切面	14
2.1.3 木材的类别	15
2.2 木材的性能	15
2.2.1 木材与水分	15
2.2.2 木材的传导性	16

2.2.3	木材的力学性能	17
2.2.4	木材的缺陷	17
2.3	木材的加工工艺	18
2.3.1	制材加工	18
2.3.2	木材干燥	19
2.3.3	木材加工流程	19
2.3.4	木材加工技术	20
2.4	人造板材简介	24
2.4.1	胶合板	25
2.4.2	中密度纤维板	25
2.4.3	刨花板	26
2.4.4	细木工板	26
2.5	人造板材的加工工艺与设备	27
2.5.1	人造板表面砂光	27
2.5.2	人造板裁板工艺	27
2.5.3	板式零部件边部处理工艺	27
2.5.4	板式零部件的钻孔和装件	28
2.6	木质材料的接合	29
2.6.1	榫接合	29
2.6.2	胶接合	30
2.6.3	五金件接合	30
2.7	木质材料的表面装饰技术	31
2.7.1	表面涂饰	32
2.7.2	表面贴覆	33
<b>第3章</b>	<b>金属材料与工艺</b>	<b>35</b>
3.1	金属材料的基本知识	35
3.1.1	金属材料的概念	35
3.1.2	金属材料的分类	35
3.2	金属材料的性能	35
3.2.1	一般性能	35
3.2.2	力学性能	36
3.2.3	工艺性能	36
3.3	金属材料的成型加工工艺	37
3.3.1	铸造加工	37
3.3.2	塑性加工	40
3.3.3	焊接加工	43
3.3.4	切削加工	46

3.4	金属材料的热处理	48
3.4.1	整体热处理	48
3.4.2	表面热处理	49
3.4.3	特殊热处理	49
3.5	金属材料的表面装饰技术	50
3.5.1	表面预处理	50
3.5.2	表面装饰工艺	51
3.6	常用金属材料	56
3.6.1	钢铁材料	56
3.6.2	有色金属材料	57
<b>第4章</b>	<b>玻璃与工艺</b>	<b>60</b>
4.1	玻璃的基本知识	60
4.1.1	玻璃的概念	60
4.1.2	玻璃的分类	60
4.2	玻璃的性能	61
4.2.1	物理性能	61
4.2.2	力学性能	62
4.2.3	化学性能	62
4.3	玻璃的成型加工工艺	62
4.3.1	玻璃配合料	62
4.3.2	玻璃的熔制	64
4.3.3	压制成型	64
4.3.4	吹制成型	65
4.3.5	压延成型	66
4.3.6	拉制成型	67
4.3.7	浮法成型	67
4.4	玻璃的二次加工	68
4.4.1	玻璃的热处理	68
4.4.2	二次成型加工	68
4.4.3	表面处理	68
4.5	常用玻璃材料	69
4.5.1	普通平板玻璃	69
4.5.2	加工玻璃	70
4.5.3	新型玻璃	72
<b>第5章</b>	<b>陶瓷与工艺</b>	<b>73</b>
5.1	陶瓷的基本知识	73



5.1.1	陶瓷的概念	73
5.1.2	陶瓷的分类	73
5.2	陶瓷的基本性能	74
5.2.1	物理性能	74
5.2.2	力学性能	75
5.2.3	化学性能	76
5.3	陶瓷的成型工艺	76
5.3.1	原料配制	76
5.3.2	坯料成型	76
5.3.3	干燥	80
5.3.4	施釉	80
5.3.5	窑炉烧结	80
5.3.6	后续加工	81
5.4	陶瓷的装饰工艺	81
5.4.1	化妆土装饰	81
5.4.2	刻划装饰	81
5.4.3	贴印装饰	82
5.4.4	彩绘装饰	82
5.5	常用陶瓷	83
5.5.1	普通陶瓷	83
5.5.2	结构陶瓷	84
5.5.3	功能陶瓷	85
<b>第6章</b>	<b>塑料与工艺</b>	<b>86</b>
6.1	塑料的基本知识	86
6.1.1	塑料的概念	86
6.1.2	塑料的组成	86
6.1.3	塑料的分类	88
6.2	塑料的性能	89
6.2.1	物理性能	89
6.2.2	力学性能	90
6.2.3	化学性能	90
6.2.4	工艺性能	90
6.3	塑料的成型加工工艺	91
6.3.1	注塑成型	91
6.3.2	挤出成型	93
6.3.3	吹塑成型	94
6.3.4	压制成型	95



6.3.5	发泡成型	97
6.3.6	压延成型	98
6.4	塑料的二次加工	98
6.4.1	机械加工	98
6.4.2	热成型	98
6.4.3	塑料连接	99
6.4.4	表面处理	100
6.5	常用塑料	102
6.5.1	中英文名称及缩写	102
6.5.2	塑料制品的回收标识	103
6.5.3	常用塑料简介	104
<b>第 7 章</b>	<b>橡胶材料与工艺</b>	<b>110</b>
7.1	橡胶的基本知识	110
7.1.1	生胶	110
7.1.2	配合剂	110
7.2	橡胶材料	111
7.2.1	天然橡胶	112
7.2.2	通用合成橡胶	112
7.2.3	特种合成橡胶	114
7.2.4	再生胶	115
7.3	橡胶的基本加工工艺	117
7.3.1	配料	117
7.3.2	塑炼	117
7.3.3	混炼	117
7.3.4	压型	117
7.3.5	硫化	118
7.4	橡胶的老化与防治	118
7.4.1	橡胶的老化	118
7.4.2	老化的防治	119
7.5	常用橡胶制品	120
7.5.1	橡胶材料的选择	120
7.5.2	橡胶制品简介	121
<b>第 8 章</b>	<b>复合材料与工艺</b>	<b>123</b>
8.1	复合材料的基本知识	123
8.1.1	复合材料的概念	123
8.1.2	复合材料的分类	123

8.2	复合材料的性能	124
8.2.1	物理性能	124
8.2.2	力学性能	124
8.3	复合材料的成型工艺	125
8.3.1	纤维—树脂复合材料	125
8.3.2	金属—无机纤维复合材料	127
8.3.3	复合材料的仿生法	128
8.3.4	成型工艺设计	128
8.4	常用复合材料	129
8.4.1	玻璃纤维增强塑料	129
8.4.2	碳纤维复合材料	130
8.4.3	木塑复合材料	131
8.4.4	其他纤维复合材料	132
8.4.5	层合复合材料	133
<b>第9章</b>	<b>模型材料与工艺</b>	<b>135</b>
9.1	石膏与成型技法	135
9.1.1	石膏材料的基本知识	135
9.1.2	石膏模型的成型技法	136
9.1.3	石膏制品	137
9.2	黏土与成型技法	137
9.2.1	黏土的基本知识	137
9.2.2	成型方法	138
9.3	油泥与成型技法	139
9.3.1	油泥的基本知识	139
9.3.2	成型技法	139
9.4	纸与加工方法	140
9.4.1	纸的基本知识	140
9.4.2	加工方法	142
<b>第10章</b>	<b>材料研发及增材制造技术</b>	<b>143</b>
10.1	材料研发与产品设计	143
10.1.1	材料研发方向	143
10.1.2	材料研发对产品设计的影响	143
10.2	研发中的材料简介	144
10.2.1	纳米材料	144
10.2.2	智能材料	145
10.2.3	电磁屏蔽材料	146

10.2.4 生态环境材料	147
10.3 增材制造技术	148
10.3.1 增材制造的含义	148
10.3.2 增材制造的原理	149
10.3.3 增材制造的工艺	150
10.3.4 增材制造的材料	152
10.3.5 增材制造的应用	153
主要参考文献	158

# 第1章 概 论

## 1.1 材料与设计的概述

### 1.1.1 材料的基本概念

人类的造物活动离不开材料，材料是人类活动的基本物质条件，是人类用来制造产品和工具的物质。如果将天然生成并且尚未加工的物质，如植物、动物、岩石矿物等自然物称为原料，那么这些原料经加工处理后产生的物质就称为材料。也有学者认为从广义上讲，材料是人们思想意识之外的所有物质。

### 1.1.2 设计的基本概念

设计是人类所特有的一种造物活动，是指人们在生产中有计划、有意识地运用工具和手段，将材料加工制造成可视的或可触及的具有一定形状的实体，使之成为具有使用价值或商品性的物质，满足使用者在物质上与精神上的需要的一种实践活动。将原材料或半成品加工成产品的方法和技术则称为工艺。

今天设计已渗透在人们生活的各个方面，人们的衣、食、住、行都与设计的产物密切相关。从古至今，设计一直影响着人类的生存状态和生活方式。

### 1.1.3 设计与材料的关系

设计与材料的关系可以概括为：①材料是设计的物质基础和起点。任何设计的最终实现都离不开材料，设计师在设计创意阶段就应考虑选择何种材料；②材料影响产品造型和结构设计。不同材料的性能决定了产品造型和结构设计实现的可行性，也决定了产品加工工艺；③材料能够表达产品设计理念。选择何种材料能够体现设计师对产品绿色设计、人性化设计等设计理念的思考。

### 1.1.4 设计材料的发展历程

材料是人类用来制造产品的物质，是人类生活和生产的物质基础，它先于人类存在。纵观人类的发展，人类的文明史、设计史与材料的发展史和对材料的使用史密不可分，所以通常按材料的特征来划分人类的历史时期，同时也反映了材料的发展历程。人类从石器时代、陶器时代、铜器时代、铁器时代步入当代的人工合成材料时代，材料早已成为人类赖以生存和生活必不可少的重要部分。

材料是人类文明进步的里程碑，纵观人类利用材料的历史，可以清楚地看到，每一种重要材料的发现和利用，都会使人类在自然中的生存能力提高到一个新的水平，给社会生产力和人类生活带来巨大变化，把人类文明向前推进一步。

## 1.2 材料的分类

产品设计材料所涉及的范围十分广泛,从气态、液态到固态,从单质到化合物。无论是传统材料还是现代材料、天然材料还是人工材料、单一材料还是复合材料,均是设计的对象。材料的分类方法很多,通常可按以下方式分类。

### 1.2.1 按材料的发展历史分类

按照人类发现并使用材料的年代,可以分为以下五类。

1) 第一代材料。不改变其在自然界中的状态,或只施加轻度加工的材料,如木材、棉、毛、皮革、石材、骨材等天然材料。

2) 第二代材料。利用天然材料经不同程度的加工而得到的加工材料,如人造板、纸、水泥、金属、陶瓷、玻璃等。

3) 第三代材料。利用化学合成方法将石油、天然气和煤等原料制造而得的高分子材料,如树脂、橡胶、合成纤维等。

4) 第四代材料。利用有机、无机非金属、金属等各种原材料复合而成的材料,如玻璃纤维增强塑料、木塑复合材料等。

5) 第五代材料。随环境条件和时间而变化的,具有应变能力或拥有潜在功能的高级形式的材料(或复合材料),如光敏材料、形状记忆合金等智能、应变材料。

### 1.2.2 按材料的物质结构分类

按材料的物质结构分类,可以把设计材料分为以下四类。

1) 金属材料,如黑色金属、有色金属和特殊金属材料。

2) 无机非金属材料,如石材、陶瓷、玻璃、石膏等。

3) 有机材料,如木材、皮革、塑料、橡胶、涂料、黏合剂等。

4) 复合材料,如玻璃钢、碳纤维复合材料等。

### 1.2.3 按材料的加工程度分类

按材料的加工程度不同可分为天然材料、加工材料与人造材料。

1) 天然材料是指不改变其在自然界中所保持的自然特性或未经深度加工的材料。如竹、木、棉、毛、皮革等天然存在的有机材料和黏土、矿石、化石、宝石、熔岩、火山灰、金属、大理石、水晶、煤、金刚石、硫黄、金砂矿等天然存在的无机材料。

2) 加工材料是指介于天然材料和人造材料之间的,经过不同程度人工加工的材料,如胶合板、细木工板、纸张、棉线纤维等。

3) 人造材料是指人工制造的材料。主要分为两大部分:一是以天然材料为蓝本制造的人造材料,如人造皮革、人造大理石、人造象牙、人造水晶、人造钻石等;二是利用化学反应合成的在自然界不存在或少量存在的材料,如金属合金、塑料、玻璃等。

## 1.2.4 按材料的形状分类

为了加工使用方便,材料一般制成一定的形状,按材料的形状可以分为如下四类。

- 1) 颗粒材料。主要指粉末与颗粒等细小形状的材料。
- 2) 线状材料。常用的有钢管、钢丝、铝管、金属棒、塑料管、条、竹条、藤条等。
- 3) 面状材料。指设计中所用的板材,有金属板、木板、塑料板、合成板、玻璃板、纸板以及皮革、纺织布等。
- 4) 块状材料。设计中常用的块材有木材、石材、泡沫塑料、混凝土、铸钢、铸铁、铸铝、油泥、石膏等。

## 1.3 材料的性能

### 1.3.1 物理性能

#### 1. 密度

材料单位体积内所含的质量,即材料的质量与体积之比,即

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.1)$$

式中:  $\rho$ ——材料的密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{kg}$ ;

$v$ ——材料的体积,  $\text{m}^3$ 。

常用设计材料的密度如表 1.1 所示。

表 1.1 常用设计材料的密度 (常温、标准大气压下)

名称	密度/ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	名称	密度/ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
水	1.00	金	19.30
玻璃	2.60	银	10.50
石蜡	0.90	铜	8.90
红松	0.44	铁	7.86
水曲柳	0.68	铅	11.40
柞木	0.76	钛	4.50
聚乙烯 (PE)	0.92~0.96	铝	2.70
聚氯乙烯 (PVC)	1.22~1.70	镁	1.74
聚四氟乙烯 (PTFE)	2.10~2.30	锌	7.15

若材料内部存在孔隙,可用密实度和孔隙率来表征。密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。密实度  $D$  可用式 (1.2) 计算

$$D = \frac{v}{v_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中:  $D$ ——密实度, %;

$v$ ——材料中固体物质体积,  $\text{m}^3$ ;

$v_0$ ——材料体积 (包括内部孔隙体积),  $\text{m}^3$ 。

孔隙率是指材料中孔隙体积占整个体积的比率。孔隙率  $P$  可用式 (1.3) 计算

$$P = \frac{v_0 - v}{v_0} \times 100\% \quad (1.3)$$

式中:  $P$ ——孔隙率, %。

对于粉末状或颗粒状材料, 也可以用堆积密度表示。堆积密度是指粉末状或颗粒状材料在堆积状态下单位体积的质量。

## 2. 热性能

### (1) 熔点

材料由固态转变为液态时的温度称为材料的熔点, 由液态转变为固态时的温度称为凝固点。大多数情况下同种材料的熔点和凝固点相等。晶体有特定的熔点, 非晶体没有熔点。工业上一般称熔点低于  $700^\circ\text{C}$  的金属为易熔金属。合金的熔融具有一定的温度范围。熔点的高低对金属和合金的熔炼及热加工有直接影响, 与机器零件及工具的工作性能关系也很大。热塑高分子材料具有玻璃化转变温度, 在此温度以上则成为高黏度液体或橡胶状材料。热固性树脂无玻璃化转变温度, 在高温分解。陶瓷材料无明显的熔点, 软化温度较高, 化学性能稳定, 耐热性优于金属材料。

### (2) 比热容

将单位质量的某种物质温度升高  $1^\circ\text{C}$  所需要的热量称为该物质的比热容, 其单位为焦耳每千克开尔文, 即  $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。一般建筑用无机材料的比热容为  $(0.18 \sim 0.22) \times 4.19 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 有机材料的比热容为  $(0.4 \sim 0.6) \times 4.19 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 钢的比热容为  $0.115 \times 4.19 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 水的比热容最大为  $1.0 \times 4.19 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。材料的比热容随其含水率增加而增大。

### (3) 热膨胀系数

材料的热膨胀性是指由于其温度上升或下降会产生膨胀或收缩。此种变形如果是以材料上两点之间的单位距离变化来计算则称为线膨胀系数, 如果是以物体的单位体积变化来计算则称为体膨胀系数。线膨胀系数以高分子材料的最大, 金属材料次之, 陶瓷材料的最小。

### (4) 热导率

热导率也称导热系数, 热量从材料的一侧表面传递到另一侧表面的性质称为导热性。单位厚度的材料, 其相对的两个面的温差为单位温差, 在单位时间内传导的热量称为导热系数, 其单位为  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。金属材料的导热系数较大, 是热的良导体; 高分子材料的导热系数小, 是热的绝缘体。材料的导热性大小主要受其孔隙率和含水率的影响。材料的导热性随其孔隙率的增加而降低, 随其含水率的增加而升高。

### (5) 耐热、耐燃及耐火性

耐热性是指材料长期在热环境下抵抗热破坏的能力, 用温度来表示。晶态材料以熔点温度为指标 (如金属材料), 非晶态材料以转化温度为指标 (如非晶态塑料、玻璃等)。

耐燃性是指材料对火焰和高温的抵抗能力。材料按耐燃性可分为不燃材料和易燃材料。

耐火性是指材料长期抵抗高热而不熔化的性能，也称为耐熔性。耐火材料在高温下不变形、能承载。材料按耐火性可分为耐火材料、难熔材料和易熔材料。

### 3. 电性能

#### (1) 导电性

导电性是指材料传导电流的能力，通常用电导率来衡量材料的导电性。电导率大的材料导电性能好。

#### (2) 电绝缘性

电绝缘性与导电性相反，通常用电阻率、介电常数、击穿强度来表示。电阻率是电导率的倒数，电阻率大的材料电绝缘性好。击穿强度越大，材料的电绝缘性越好；介电常数越大，材料的电绝缘性越好。

### 4. 磁性能

磁性能是指金属材料在磁场中被磁化而呈现磁性强弱的性能，按材料的磁化程度可分为以下三类。

铁磁性材料：在外加磁场中，能被强烈磁化的材料，如铁、钴、镍等。

顺磁性材料：在外加磁场中，只是被微弱磁化的材料，如锰、铬、钼。

抗磁性材料：能够抗拒或减弱外加磁场磁化作用的材料，如金、银、铅、锌等。

### 5. 光学性能

光学性能是指材料对光的反射、透射、折射的性质。材料的透射率越高，其透明度越好，如玻璃、有机玻璃等具有很高的透光性；材料对光的反射率高，材料的表面反光强，为高光材料，如经过抛光处理的金属表面。

### 6. 声学性能

#### (1) 吸声性

当声波传播到材料的表面时，一部分被反射，一部分穿透材料，还有一部分则传递给材料。对于含有大量开口孔隙的多孔材料（如各种有机或无机纤维制品、膨胀珍珠岩制品等），传递给材料的声能在材料的孔隙中引起空气分子与孔壁的摩擦和热滞阻力，使相当一部分的声能转化为热能而被吸收或消耗；对于含有大量封闭孔隙的柔性多孔材料（如聚氯乙烯泡沫塑料制品），传递给材料的声能在空气振动的作用下使孔壁也产生振动，使声能在振动时因克服内部摩擦而被消耗。

#### (2) 隔声性

声波在建筑结构中的传播主要通过空气和固体来实现，因而隔声包括隔空气声和隔固体声。隔空气声的透射声功率与入射声功率的比值称为声透射系数，该值越大则材料的隔声性越差。对于均质材料，隔声量符合质量定律，即材料单位面积的质量越大或材料的体积密度越大，其隔声效果越好。轻质材料的质量较小，隔声性较密质材料差。固



体声是由于振源撞击固体材料，引起固体材料被迫振动而发声，并向四周辐射声能。固体声在传播过程中，声能的衰减极少，弹性材料如地毯、木板、橡胶片等具有较高的隔固体声能力。

### 1.3.2 力学性能

#### 1. 强度

强度指材料在外力（载荷）作用下抵抗明显的塑性变形或破坏作用的能力。根据用力方式的不同，材料的强度可分为拉伸强度（抗拉强度）、压缩强度、弯曲强度、冲击强度、疲劳强度等。强度是评定材料质量的重要力学性能指标，是设计中选用材料的主要依据。

#### 2. 弹性与塑性

在外力（载荷）作用下材料产生变形，当外力撤去后材料能恢复原来形状的性能称为材料的弹性，这一变形称为弹性变形。材料所能承受的弹性变形量越大则材料的弹性越好。在外力作用下材料产生变形，当外力取消后材料仍保持变形后的形状和尺寸，但不产生裂缝，这一变形称为永久变形，材料所能承受永久变形的能力称为材料的塑性。永久变形量大而又不出现破裂现象的材料，其塑性好。

#### 3. 脆性与韧性

韧性是指材料抵抗裂纹产生与扩展的能力。韧性与脆性是两个完全相反的概念。材料的韧性高，意味着其脆性低；反之亦然。度量韧性的指标有两个：冲击韧性和断裂韧性。冲击韧性是用材料受冲击而断裂的过程所吸收的冲击功的大小来表征。此指标可用于评价高分子材料的韧性，但对韧性很低的材料（如陶瓷）一般不适用。材料的力学断裂是由于原子间或分子间的键断开而引起的，按断裂时的应变大小分为脆性断裂和韧性断裂。脆性断裂是指材料在断裂之前无塑性变形发生，或发生很小塑性变形导致破坏的现象如岩石、混凝土、玻璃、铸铁等在本质上都具有这种性质，这些材料称为脆性材料。韧性断裂是指材料在断裂前产生大的塑性变形，如软钢及其他软质金属、橡胶、塑料等材料的断裂均呈韧性断裂。

#### 4. 硬度

硬度是材料抵抗其他物体压入其表面的能力，反映出材料局部抵抗塑性变形的能力。不同的材料其硬度测量的方法也不相同。对于矿物可用一定硬度的物体去刻划它的表面，根据刻痕和色泽的深浅来评定其硬度。通常是采用钢球或金刚石的尖端压入材料的表面。通过测定压痕深度来测定材料的硬度。测量金属、塑料及橡胶等材料的硬度的常用方法有布氏硬度法、洛氏硬度法和维氏硬度法。也可通过测定材料上下落重锤的回弹高度来评定材料的硬度，即肖氏硬度法。有时也可用钻孔、撞击等方法来评定材料的硬度。