

材料美学 与造型艺术

Aesthetics and Formative Arts of Materials

江静华 陈建清 王家佳 马爱斌 编著



科学出版社

材料美学与造型艺术

江静华 陈建清 王家佳 马爱斌 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从材料特性与科学美学及工业设计的关系出发,简要介绍常用造型材料(金属、陶瓷、玻璃、塑料、涂料等)的组成、性能、选用及其加工与装饰工艺等基本知识,初步分析新型造型材料的应用开发前景,旨在引导学生对材料设计、开发与应用等所体现出的美学问题进行思考,树立“科学与艺术”整合的理念,学会从材料的角度去发掘工业时代的美与价值。

本书可作为涉及工程建设及产品开发的理工类各专业高年级本科生的教材,也可供从事相关工作的科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料美学与造型艺术/江静华等编著. —北京:科学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-03-048564-9

I. ①材… II. ①江… III. ①材料科学—科学美学②工业设计—造型设计 IV. ①TB3-05②TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 034540 号

责任编辑:李涪汁 曾佳佳/责任校对:彭 涛

责任印制:张克忠/封面设计:许 瑞

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>

北京汇瑞嘉合文化发展有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年3月第一次印刷 印张:14

字数:325 000

定价:99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《材料美学与造型艺术》编委会

主 编：江静华

副 主 编：陈建清 王家佳 马爱斌

参编人员：谢秋媛 杨发林 李 程 唐 人

前 言

目前, 各类高校都在深化素质教育的试点工作, 美育对开发创造力、培养创造型人才具有重大作用和深远意义。材料是科技发展的基石与依托, 借助人类文明发展过程中的丰富事例可充分展现科学与艺术融合的魅力。因此, 作者依托河海大学校级重点学科“材料科学与工程”及相关平台建设, 结合自身专业知识背景, 开设了全校性人文素质公共选修课“材料美学与造型艺术”。该课程可引起理工科各专业间的共鸣, 依托课程建设及互动式课堂教学, 实施审美教育, 培养创新能力, 已取得了良好的实践效果。

本教材是在作者给全校本科生开设人文素质课“材料美学与造型艺术”讲义的基础上撰写而成。材料是构成人类文明社会的基础, 只有发挥材料固有的美学特性, 才能更好地展现工业时代的美与价值。本教材从材料造型与美学艺术及工业设计的关系出发, 简要介绍工程建设及产品造型设计中常用材料(金属、陶瓷、玻璃、塑料、涂料等)的组成、性能、选用及其加工技术和表面装饰工艺等基本知识, 初步分析了纳米材料等新型造型材料的应用开发前景。本教材旨在引导学生对材料设计、开发与应用等所体现出的美学问题进行思考, 树立“科学与艺术”整合的理念, 从美学的角度分析材料在人类发展史上的作用, 并掌握常用工程(造型)材料的工艺与应用。

目前, 虽然国内一些艺术设计类专业开设了产品造型设计材料及工艺类课程, 但其编写的相关教材主要面向艺术设计类有关专业及从事产品造型设计的人员。本教材以科学发展观为指导, 信守“以人为本、以创新能力培养为目标”的理念, 符合理工院校学生的特点。本教材的编写人员均具有深厚的材料学科知识背景以及丰富的教学经验, 在编写过程中充分吸收材料学科国内外前沿研究成果, 科学系统地归纳材料学科知识点的相互联系与发展规律。

本教材在内容上紧扣理论与实践教学并重之宗旨, 以培养创新能力为目标; 既有基础知识与前沿研究成果介绍, 又有实践设计与综合分析。现代工程材料的开发和研究是一个长期的任务, 这需要学生有广博的知识, 以精深的学识和创作的灵感与独特的工业造型材料相碰撞, 产生智慧的火花。为促进学生知识、能力、素质的协调发展, 本教材按循序渐进、逐渐提高的原则, 每章内容均实现了基础知识介绍和实践训练的有机结合。

我们坚信, 本教材的编辑与出版, 不仅可为理工类学生提供一本内容创新、富有应用特色的公共选修课教材, 而且可为广大专业教师提升美学修养提供一份珍贵的参考文献, 同时也必将对我国理工类高校深化素质教育产生积极影响。敬请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2017年9月

目 录

前言

第 1 章 材料美学基础	1
1.1 材料与人类生活	1
1.1.1 材料是人类文明的里程碑	2
1.1.2 材料的种类与基本性质	4
1.1.3 材料在产品造型中的应用	7
1.2 材料的审美特性及其制约因素	9
1.2.1 材料的结构特性	9
1.2.2 材料的感受特性	14
1.2.3 材料审美特性的制约因素	18
1.3 展现材质美的造型设计原则	22
1.3.1 配比原则	23
1.3.2 主从原则	23
1.3.3 适合原则	24
1.4 关注材料审美特性,合理开发应用材料	25
参考文献	28
第 2 章 金属材料及其造型艺术	29
2.1 常用金属材料及其特性	29
2.1.1 钢铁	30
2.1.2 铜及其合金	31
2.1.3 铝及其合金	34
2.1.4 钛及其合金	35
2.1.5 金银	36
2.2 金属材料的组织结构	37
2.2.1 金属晶体的结构特点	37
2.2.2 金属的组织形貌特点	43
2.3 金属材料造型与工艺技巧	47
2.3.1 铸造	47
2.3.2 塑性加工	48
2.3.3 切削加工	49
2.3.4 焊接	49
2.3.5 面饰	50
2.4 经典造型产品赏析	52



2.4.1	埃菲尔铁塔·····	52
2.4.2	奥运鸟巢·····	53
2.4.3	日本京都金阁寺·····	54
2.4.4	古埃及的黄金之城·····	55
2.4.5	后母戊鼎·····	55
	参考文献·····	56
第3章	陶瓷材料及其造型艺术·····	58
3.1	常用陶瓷材料及其性能·····	58
3.1.1	硅酸盐陶瓷·····	59
3.1.2	氧化物陶瓷·····	60
3.1.3	碳化物陶瓷·····	64
3.1.4	氮化物陶瓷·····	66
3.2	陶瓷材料成型技术·····	70
3.2.1	压力成型·····	70
3.2.2	塑性成型·····	70
3.2.3	浆料成型·····	71
3.2.4	其他成型方法·····	73
3.3	陶瓷制品表面装饰技术·····	74
3.3.1	陶瓷颜料·····	74
3.3.2	釉上装饰·····	76
3.3.3	釉中彩·····	77
3.3.4	釉下彩·····	78
3.3.5	颜色釉·····	79
3.3.6	艺术釉·····	79
3.3.7	坯体装饰·····	82
3.4	陶艺鉴赏·····	84
3.4.1	陶瓷艺术·····	84
3.4.2	古代陶瓷·····	87
3.4.3	现代陶瓷·····	96
	参考文献·····	99
第4章	玻璃及其造型艺术·····	100
4.1	玻璃材料的基本知识·····	100
4.1.1	玻璃的定义和发展·····	100
4.1.2	玻璃的组成·····	102
4.1.3	玻璃的品种·····	103
4.2	玻璃材料的成型艺术·····	105
4.2.1	玻璃的基本性能·····	105
4.2.2	玻璃的加工工艺·····	105



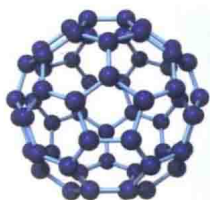
4.3 玻璃制品的表面装饰技术	111
4.3.1 堆釉	111
4.3.2 研磨	111
4.3.3 磨边	111
4.3.4 磨刻	112
4.3.5 抛光	112
4.3.6 喷砂	112
4.3.7 蚀刻	112
4.3.8 彩饰	112
4.4 玻璃制品鉴赏及常见缺陷对策	113
4.4.1 功能各异的特种玻璃	113
4.4.2 玻璃制品及其美学	118
4.4.3 玻璃造景技法与欣赏	125
4.4.4 现代琉璃艺术大师及其作品	126
4.4.5 玻璃常见缺陷和处理方法	136
参考文献	138
第5章 工程塑料及其造型艺术	139
5.1 常用工程塑料及其性质	139
5.1.1 常用工程塑料的种类	139
5.1.2 常用工程塑料的性质	140
5.2 工程塑料的成型技术与工艺	142
5.2.1 注射成型	142
5.2.2 压制成型	143
5.2.3 压铸成型	144
5.2.4 挤出成型	144
5.2.5 中空成型	145
5.3 表面处理与装饰技术	146
5.3.1 表面处理和装饰的现实意义	146
5.3.2 打磨抛光	146
5.3.3 除尘、除静电、脱脂	147
5.3.4 酸处理	148
5.3.5 火焰处理	148
5.3.6 热溶剂处理	149
5.3.7 印字图刻	149
5.3.8 着色	153
5.3.9 加金属光泽	154
5.4 塑料制品鉴赏	156
5.4.1 经典塑料产品鉴赏	156



5.4.2 现代优秀塑料制品鉴赏	157
参考文献	161
第6章 涂料及其涂装工艺	162
6.1 涂料的基本知识	162
6.1.1 涂料的定义	162
6.1.2 涂料的作用	162
6.1.3 涂料的组成	163
6.1.4 涂料的分类	164
6.1.5 涂料的原理	165
6.1.6 我国涂料的发展状况	166
6.2 产品造型中常用的涂料	166
6.2.1 油基树脂漆	166
6.2.2 水性树脂涂料	168
6.2.3 粉末涂料	169
6.3 涂装技术	169
6.3.1 不同基层材质的涂饰工艺	169
6.3.2 主要涂漆工艺	170
6.4 漆器珍品与鉴赏	172
6.4.1 新石器时代——朱漆木碗	173
6.4.2 西周——彩绘兽面凤鸟纹螺钿漆罍	173
6.4.3 第一次高峰（战国至两汉时期）——楚人嗜漆	174
6.4.4 第二次高峰（唐宋时期）——初创技法	176
6.4.5 第三次高峰（蒙元时期）——雕漆盛行	177
6.4.6 第四次高峰（明清时期）——百花齐放	178
6.4.7 古老漆艺变身家居新宠	179
参考文献	181
第7章 纳米材料及其应用发展	183
7.1 纳米结构及其特性	183
7.1.1 纳米材料的起源	183
7.1.2 纳米材料和纳米科技的定义	185
7.1.3 纳米材料的分类	186
7.1.4 纳米材料的基本效应和特性	187
7.2 纳米结构的制作技术	189
7.2.1 纳米材料制作技术的分类	189
7.2.2 物理气相沉积法	189
7.2.3 高能球磨法	190
7.2.4 大塑性变形法	191
7.2.5 化学气相沉积法	191



7.2.6 溶胶-凝胶法	192
7.2.7 水热合成法	193
7.3 纳米材料的应用发展	194
7.3.1 概述	194
7.3.2 隐形飞机涂层	196
7.3.3 纳米半导体光催化	197
7.3.4 石墨烯	198
7.3.5 碳纳米管	199
7.3.6 纳米复合材料	201
7.4 纳米工艺制品鉴赏	201
参考文献	210



第1章

材料美学基础

材料是人类生活的物质基础、社会进步的阶梯。现代工业文明推动了审美活动的日常化，艺术活动的场所已深入平民百姓的日常生活空间，从而赋予了造物以更多的精神内涵。材料作为各类产品设计与工艺过程中审美信息的转化和传递的载体，直接影响到人对产品功能的判断。在利用各种材料进行产品造型时，应关注材质的表现力，即材料的质感、色彩、硬度、可塑性以及人赋予它的情感和含义等审美特性，实现其精神属性与实用功能的和谐统一。现代产品造型，应充分利用新的加工工艺，挖掘材料固有的表现力，以深刻体现现代人在高科技时代对自然本质的追求，满足人们的实用诉求与心理需求。只有了解把握材料的特性，在实用功能与外在形式要求下合理选用材料，充分发挥每一种材料的优势，才能物尽其用，满足工程设计的各项需求。

1.1 材料与人类生活

人们的周围到处都是材料，具体地说，材料是人类用以制成生活和生产中的物品、器件、构件和其他产品的各种物质。材料和物质是两个紧密联系而又含义不同的概念。材料是物质，但不是所有的物质都可以成为材料。材料总是和一定的应用场合相联系的，同一种化学成分的物质，由于制备或成型过程的不同，将获得不同的显微组织和使役性能，从而成为用途迥异的不同类型材料。例如，石墨和金刚石的组成元素均为碳，在工程上却是不同的材料，皆因其微观结构不同而导致的性能差异（图 1.1），前者质软，常



(a) 石墨原石



(b) 金刚石原石



(c) 钻石

图 1.1 同一种物质的不同形态



用作润滑材料,后者硬度极高,常用作首饰品(钻石)和切削工具。迄今,人类发现的材料已逾百余万种,并且每年还有大量的新材料被发现和报道。材料的种类如此繁多,其性能千差万别,应用领域十分广阔,在人类的生存和发展过程中发挥了极其重要的作用。事实上,人类文明进化的时代就是以某种材料的使用来划分的。

1.1.1 材料是人类文明的里程碑

纵观人类利用材料的历史可知,每一种重要材料的发现和利用,都会把人类支配、改造自然的能力提高到一个新水平,从而使人类物质文明和精神文明向前推进一大步。

早在 100 万年以前,原始人类就开始使用某种适当形态的石头作为工具,如用棱角尖锐的石头作为狩猎武器(图 1.2 (a))。这是人类最早利用石头的自然形态造型,来提升自身的生存实力,史称旧石器时代。当人类逐步摆脱对自然界的依赖,懂得了通过研磨、砍凿等手段对石头进行加工,使之成为简陋的工具和器皿(图 1.2 (b)),从而进入新石器时代。



图 1.2 不同时期的石器造型特点

人类很早就开始使用黏土成型,再火烧固化后制成陶器。此前,人类对工具的造型都只是改变材料的形状,而并未改变材料的性质。原始社会的陶器造型不仅具有实用价值,而且具有一定的审美价值。制陶术的发明,意味着人类已能制造新的造型材料,标志着人类社会的一大进步。

原始人类在寻找石料的过程中认识了矿石,在烧制陶器的过程中还原出铜和锡,进而发展出了铜的冶炼技术。我国的青铜冶炼在夏代以前就已开始,商周时进入了青铜器的鼎盛时期,技术上达到了当时世界顶峰。湖北随县出土的战国曾侯乙编钟是我国古代文化艺术高度发达的见证(图 1.3),香港回归庆典上用其演奏的《交响曲 1997: 天地人》轰动了海内外。5000 年前,人类已开始使用铁。由于铁矿丰富,分布较广,加工性能好,公元前 10 世纪铁制工具的应用较青铜工具更为普遍。公元前 8 世纪出现了用铁制造的犁、锄等农具,使人类生产力获得了巨大的发展。这一时期,通过对材料性能、工艺和使用特性的研究积累,在材料使用上逐步实现了实用和审美的结合,功能和形式的统一。



图 1.3 湖北随县出土的战国曾侯乙编钟

到了 18 世纪,蒸汽机的发明使工业发展获得了强大而廉价的动力,材料在新品开发和规模生产等方面均发生了飞跃。此时,已由初期依赖手工业的单品生产,转向了以机器为手段的同类产品大批量生产,必须考虑材料实现批量生产、加工成型的可能性和方法。随后,不同类型的特殊钢种也相继出现,人类步入了钢铁时代。铝、镁、稀有金属等也相继问世,使金属材料在 20 世纪占据了结构材料的主导地位(图 1.4)。



(a) 高强度厚壁冷弯高频焊管用于东方明珠塔



(b) 镀锌 C 型钢用于上海大剧院屋架桁架

图 1.4 大型户外金属结构

20 世纪初期出现了人工合成高分子材料,60 年代是高分子材料发展的鼎盛时代。自 50 年代以来,通过合成化工原料或特殊方法制备出了一系列先进陶瓷,其因具有轻质、耐高温等特点而深受关注。自 60 年代以来,半导体硅材料被广泛应用,促进了现代文明的加速发展,使人类社会进入了“信息时代”。金属、陶瓷、高分子和复合材料得到了广泛应用(图 1.5),其构成的各种功能材料发展非常迅速,已成为当前研究与发展的热点。新型材料的出现和应用,扩大了产品造型的自由度和可能性。

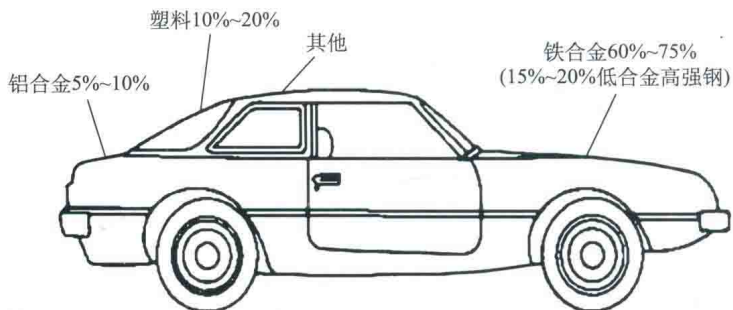


图 1.5 汽车中各种材料的大致比例

回顾材料发展和应用简史，不难看出无论是手工产品还是工业产品的生产，都是利用材料制备（加工）技术去创造满足人类生活需要的产品，新材料的每次出现都会促进产品造型发生较大变化，甚至导致产品造型的观念性变革。材料早已成为人类赖以生存和生活的不可缺少的物质基础，是人类物质文明发展的支柱。随着科技进步和现代工业的发展，材料的品种、规格、档次均得到了显著提升，造型设计已成为材料通过技术手段满足社会需求的纽带。

1.1.2 材料的种类与基本性质

材料内容庞杂、种类繁多，可根据不同的需求和角度对其进行分类。

根据材料的来源和发展阶段，可将其分成天然材料、加工材料、合成材料、复合材料和智能材料。第一代的天然材料，是指未改变其在自然界中所保持的状态或仅施加轻微加工的材料，如棉、毛、木、竹、石材等。第二代的加工材料，是指天然材料经不同程度加工后得到的材料，如纸、金属、水泥、玻璃、陶瓷等。第三代的合成材料，是指将石油、天然气、煤等原料进行化学合成后得到的高分子材料，如塑料、橡胶、纤维等。第四代的复合材料，是指将金属、陶瓷、高分子等各种原材料复合而成的材料。第五代的智能材料，可随环境条件变化产生应变，是拥有潜在功能的高级形式的材料，如形状记忆合金。

任何物质均由无数微粒按一定方式聚集而成。若固态物质的组成质点（原子、离子或分子）在三维空间呈规则排列，就聚集成为晶体。组成质点之间产生的较强相互作用，称为结合键（图 1.6）。在生产、生活实践中，人们根据材料不同的特点将其区分成金属、陶瓷、高分子和复合材料四大类，不同材料的结合键及其性质各不相同。固体中的结合键可分成金属键、离子键和共价键三种化学键，以及分子键（范德瓦耳斯力）和氢键等物理键。金属材料是最重要的造型材料，按元素周期表可分成简单金属（内电子壳层全满或全空）和过渡金属（内电子壳层未全部填满），按组成可分为纯金属和合金，亦可分成黑色金属和有色金属两大类，其原子之间主要通过无饱和性和方向性的金属键结合，因此具有较好的导电性、导热性和延展性。陶瓷材料是一种（或多种）金属元素同一种非金属元素（通常为氧）形成的化合物，氧原子同金属原子化合时形成很强的离子键，同时存在一定成分的共价键，从而表现出耐热、抗压等特性。高分子材料，又称聚合物，是由许多分子质量特别大的大分子组成的（分子间以物理键结合），每个大分子由许多结



构相同的单元通过很强的共价键连接而成，故其具有塑性好、耐蚀、绝缘和密度低等优良性能。复合材料是由两种或两种以上材料组成的，结合键比较复杂，可获得任何单一组成材料所无法达到的优异性能。

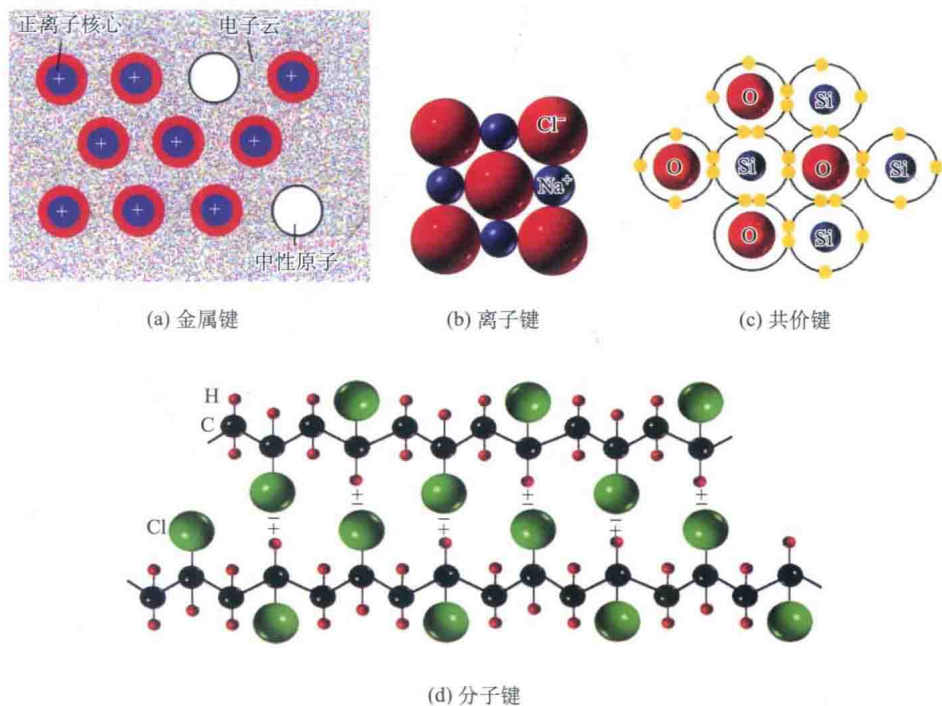


图 1.6 不同晶体的结合键示意图

产品造型所用的材料，为便于加工和使用，往往预先制成一定的形态（图 1.7），按形态通常可将其分成线状材料、板状材料、块状材料和特殊型材等。线材又包括丝材（钢丝、铜丝等）、管材（陶瓷管、塑料管等）、棒材（金属棒、塑料棒）等；板材有金属板、塑料板、玻璃板、复合板等；块材有金属块、石块、混凝土等；特殊型材有工字钢、C 型钢等。



(a) 铜棒材

(b) 复合木板

(c) 铝型材

图 1.7 不同结构形态的造型材料



此外,按材料的使用特性,可分为结构材料(如工具钢等)和功能材料(如磁性材料),前者强调利用材料的力学性能来满足工程结构上的需要,后者强调材料具有光、电、磁、热等特殊的物理性能;按材料的微观结构分类,可分为晶质材料、非晶质材料、晶质与非晶质混合材料;按材料的组合分类,可分为单一材料(如不锈钢等)与复合材料(如玻璃钢等)。

任何产品都是由特定材料加工而成的,其使用功能得以保证在很大程度上取决于材料的固有特性。材料在正常使用时,总要承受一定的外力、自重和周围介质的作用,以及各种物理作用。因此,要求其具有抵抗上述各种作用的能力,以使产品具有正常的使用功能。材料本身具有极为复杂的特性,在进行产品造型设计时,必须了解和掌握材料的特性,有效地使用物质和技术条件,才能将材料的性能发挥到极致。

产品造型所用的各类材料,均包含固有特性和派生特性这两方面的属性(图 1.8)。前者是指材料的物理、化学和力学性能,如热性能、光学性能、耐腐蚀性能、耐磨损性能等;后者是由前者派生出来的,即材料的加工特性、感觉特性、经济特性等。这些特性的综合效果在某种程度上决定了产品造型的成功与否。

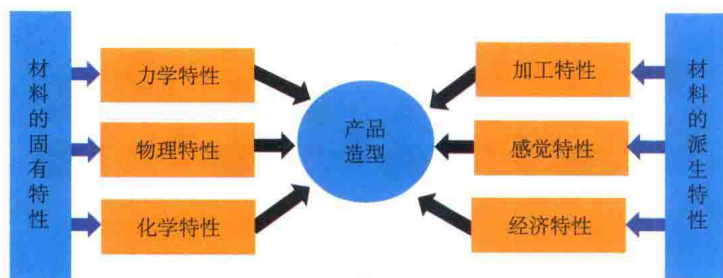


图 1.8 材料特性与产品造型的匹配关系

材料的固有特性是其内部结构的外在表现,受外界条件(使用环境)的限制和制约。材料的力学性能包括材料的强度、弹性、塑性、脆性、韧性、硬度、耐磨性等。材料在外力作用下发生变形,去除外力后仍能恢复原状的变形称为弹性变形,去除外力后不可恢复的变形为塑性变形。强度是材料抵抗外力产生明显塑性变形和破坏作用的能力的表征,是设计结构和零件时选用材料的主要依据。塑性指材料在外力作用下产生永久性变形而不被破坏的能力。韧性是指材料抵抗冲击载荷破坏的能力。硬度是材料表面抵抗塑性变形或破裂的能力。金属材料具有较高的强度和韧性组合,故至今仍被视为最重要的工程材料。材料的物理性能包括密度、熔点、导热系数、热膨胀系数、电导率、电阻率、磁导率、磁感应强度、矫顽力、透射率等。熔点高的材料耐热性好,晶体具有固定的熔点(如金属),非晶体没有固定的熔点(如玻璃等)。导热系数小于 $0.2\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料为热绝缘材料(如高分子材料),导热系数很大的是热的良导体(如金属材料)。热膨胀系数以高分子材料为最大,金属次之,陶瓷最小。电导率高的材料导电性好,电阻越大则绝缘性越好(如陶瓷)。材料的透射率高则透明度就高(如透明塑料,图 1.9(a)),反射率很高即为高光材料(如不锈钢,图 1.9(b))。材料的化学性能,是指材料在常温或高温时抵抗各种介质或电化学侵蚀的能力,主要包括材料的耐腐蚀性、抗氧化性和耐候性。如陶瓷、玻璃的耐候性好,塑料的耐候性差。



(a) 透明塑料



(b) 不锈钢

图 1.9 光学性质差异明显的材料

1.1.3 材料在产品造型中的应用

材料通过恰当地加工成型才能成为产品，是否易于加工成型是选材时的重要考虑因素。不同的材料有不同的加工成型方法。钢铁材料具有良好的成型性，可通过铸造、锻压、焊接、切削等方法制造出机械装备和日常用品。木材具有淳朴自然的表面纹理以及易锯、易刨、易打孔、易组合等特性，至今仍是一种优良的造型材料。塑料原料易得，性能优良，可塑性很强，能塑造出几何形状非常复杂的产品，且表面装饰效果和质感丰富（图 1.10），是当今不可缺少的造型材料。



图 1.10 表现力丰富的塑料

根据材料的性质和产品使用环境，正确选择表面处理工艺是提高产品外观质量的重要途径。表面处理不只是改变了材料的表面状态，还能起到防腐蚀、耐磨损等作用。材料表面处理的方法很多，如金属镀层、表面转化膜、着色、热喷涂、涂料涂装等，具体选择表面处理工艺时应考虑绿色环保、综合利用等特性。

工业产品造型风格的形成，既与材料、结构有关，又与加工工艺密切相关。只有熟悉所选材料的性能和各种工艺方法的特点，掌握材料成型的影响因素，反复实践才能较