



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

赵占西 ©主编

产品造型设计 材料与工艺

Industrial
Design

双色版



机械工业出版社
China Machine Press

策划编辑：冯春生

封面设计：

久谦 装饰设计
13126910155

产品造型设计 Industrial 双色版 材料与工艺 Design

- 工业设计概论（第3版） 程能林
- 效果图 许喜华
- 产品设计 刘永翔
- 产品造型设计材料与工艺 赵占西
- 工业设计机械基础（第2版） 阮宝湘
- 工业设计工程基础 王继成
- 设计图学（第2版） 段齐骏
- 设计图学习题集（第2版） 段齐骏
- 工业设计人机工程（第2版） 阮宝湘
- 人机工程学课程设计/课程论文选编 阮宝湘
- 工业产品造型设计 陈震邦
- 设计素描（含1CD） 关阳
- 计算机辅助工业设计 许喜华
- 工业设计工程基础 徐人平
- 色彩设计 张玉江
- 环境设计 戴力农
- 产品形态语义设计实例（含1CD） 陈慎任
- 设计构成（含1CD） 袁涛
- 设计管理 徐人平
- 设计信息学 孙守迁
- 现代设计图学（第3版）（含1CD） 聂桂平
- 现代设计图学基本训练（第3版） 聂桂平
- 创造突破性产品——从产品策略到项目定案的创新 Jonathan Cagan Craig M.Vogel
- 创造突破性产品（英文版）——从产品策略到项目定案的创新 Jonathan Cagan Craig M.Vogel
- 产品设计与实现——工业设计实例解析 余玉亮
- 工业设计与艺术设计专业核心基础英语 戴力农
- 2003—2004全国工业设计专业大学生优秀毕业设计作品集 何人可
- 2005全国工业设计专业大学生优秀毕业设计作品集（含1CD） 何人可

ISBN 978-7-111-24226-0



9 787111 242260 >

定价：35.00元

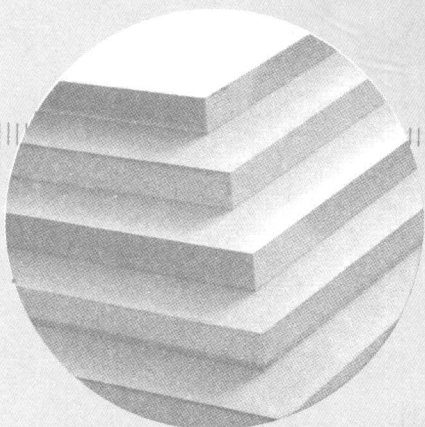
ISBN 978-7-111-24226-0

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294 网址：<http://www.cmpbook.com>
E-mail: online@cmpbook.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TB3
ZZX3

产品造型设计 材料与工艺



主 编 赵占西
副主编 黄明宇 何灿群 于东玖
参 编 陆建华 黄黎清
主 审 江建民 张远明



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分11章,内容包括:概述、工程材料的性能、表面工程与热处理技术、金属材料成形、有机高分子材料及其成形、无机非金属材料及其成形、复合材料及其成形、切削加工与特种加工、逆向工程与快速成形技术、新材料新技术与新工艺、产品造型设计材料与工艺实例。内容涵盖了工业设计在工程材料和成形工艺方面所需要的基本知识、基本理论和基本技能。

本书可作为工业设计、艺术设计以及其他设计类专业教材,也可供从事工业设计和艺术设计的技术人员和管理人员参考。

为使用本教材教学提供方便,本书配有免费电子课件供教师选用,联系方式请参见书末的“信息反馈表”。

图书在版编目(CIP)数据

产品造型设计材料与工艺/赵占西主编. —北京:机械工业出版社, 2008.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-24226-0

I. 产… II. 赵… III. 工业产品—造型材料—高等学校—教材
IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第092238号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:冯春生 版式设计:霍永明

责任校对:刘志文 责任印制:邓博

北京双青印刷厂印刷

2008年8月第1版第1次印刷

210mm×285mm·15.5印张·384千字

标准书号:ISBN 978-7-111-24226-0

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379715

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据教育部高等学校工业设计专业教学指导分委员会 2006 年全国工业设计专业教育研讨会的精神,为适应我国当前高等教育专业改革和按学科培养学生的需要进行编写,系普通高等教育“十一五”国家级规划教材之一。

本书根据设计学科培养目标,以研究常用工程材料及成形方法为主的综合性技术基础课教材。对教学内容进行了精选、拓宽与优化,以常用工程材料性能、用途以及结构与成形方法工艺性为主线,讲述工程材料的性能、用途以及各种成形方法,内容包括工程材料的性能,材料表面处理,金属液态成形,金属塑性成形,材料连接成形,塑料、橡胶、陶瓷等非金属材料、复合材料成形以及快速成形技术和反求工程技术等,并介绍了当今材料成形的新工艺、新技术、新进展。

设计是由创意转变为现实的开始。工业设计活动最终要用某种材料、以某种手段创造出某种质感和用途的产品,所以工业设计不仅要合理构思以实现特定功能的切实可行的方案,寻找符合广大消费者审美情趣、能为广大消费者所接受的形态与质感,而且还要用确切的表达方式,将设计思想转化为可供生产的图样或软件,最终能够进行成形生产,完成产品制造。因此,工业设计师必须熟悉与设计对象密切相关的材料、成形、结构等基础知识。

为加强对学生能力素质的培养,以适应工业设计发展的需要,针对宽口径专业培养目标,吸取相关院校教改和课程建设的成果,以及多种版本相关教材的优点,在以下几方面作了探索:

- 1) 取材范围广,比较全面地阐述了常用工程材料及其各种成形方法。
- 2) 注重应用,全书以常用造型设计材料、零件结构工艺性与成形工艺适应性为主线,突出了结构工艺性、成形方法的实施、优缺点比较、适应的零件结构形状特点和适用条件等内容。
- 3) 强化了产品结构设计的要求、常用成形方法的选择思路及实例分析,以及在选择成形方法时应具有的质量、成本、环保等工程意识。
- 4) 内容力求做到深入浅出,文字准确简洁,较少涉及微观和深奥理论与原理的内容。

5) 各章后附有复习思考题,可供学生在学习中思考。

学习本书内容之前,应修完“工程制图”、“工程训练”等先行课程。



本教材建议理论教学时数为48学时，具体教学内容可根据教学需要进行取舍或指定学生自学，各章的教学学时建议如下：

章节	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	总计
学时	1	4	6	10	6	4	2	6	4	2	3	48

本书可作为普通高等院校工业设计、艺术设计类专业的教材，也可供相关工程技术人员参考。

本书由赵占西担任主编，黄明宇、何灿群、于东玖担任副主编。第1、2、3、4章由赵占西、于东玖编写，第5、6、7章由何灿群、黄黎清编写，第8、9、10章由黄明宇、陆建华编写，第11章由全体编写人员共同编写。全书由赵占西统稿。

本书由江南大学江建民教授、东南大学张远明教授担任主审，河海大学、江苏大学、南通大学等多位专家对书稿提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心感谢。

感谢机械工业出版社、河海大学、江苏大学、南通大学在本书编写过程中给予的支持。

由于编者水平有限，书中定有许多错误与欠妥之处，敬请读者批评指正。

编者
于常州

目 录

前言	1
第1章 概述	1
1.1 产品设计与材料及加工技术	2
1.1.1 产品设计与材料	2
1.1.2 产品设计与加工技术	3
1.2 产品设计选材及成形原则	3
复习思考题	6
第2章 工程材料的性能	7
2.1 工程材料的力学性能	8
2.1.1 强度	8
2.1.2 塑性	9
2.1.3 硬度	10
2.1.4 韧性	10
2.1.5 疲劳强度	10
2.1.6 蠕变	11
2.2 工程材料的分类及用途	11
2.2.1 金属材料	12
2.2.2 有机高分子材料	30
2.2.3 无机非金属材料	31
2.2.4 复合材料	31
复习思考题	32
第3章 表面工程与热处理技术	33
3.1 表面工程概述	34
3.2 热处理	34
3.2.1 热处理概述	34
3.2.2 退火和正火	35
3.2.3 淬火和回火	36

3.2.4	表面淬火和化学热处理	37
3.3	表面工程技术方法与工艺	38
3.3.1	电镀	38
3.3.2	化学镀	43
3.3.3	涂料与涂装	44
3.3.4	热浸镀	46
3.3.5	热喷涂	49
3.3.6	高能束技术	50
3.3.7	化学转化膜技术	50
	复习思考题	51
第4章	金属材料成形	53
4.1	金属材料成形概述	54
4.2	液态成形工艺基础	54
4.2.1	砂型铸造	54
4.2.2	特种铸造	61
4.3	塑性成形工艺	66
4.3.1	金属塑性成形基础	67
4.3.2	常用塑性加工方法	68
4.3.3	塑性成形模具	75
4.3.4	塑性成形件结构工艺性	77
4.4	连接成形	80
4.4.1	常用焊接方法与工艺	81
4.4.2	常用金属材料的焊接	86
4.4.3	焊接结构工艺性	88
4.4.4	胶接技术	93
	复习思考题	95
第5章	有机高分子材料及其成形	97
5.1	有机高分子材料概述	98
5.1.1	有机高分子材料的类别	98
5.1.2	有机高分子材料的加工性能	99
5.1.3	有机高分子材料的成形加工	100
5.2	塑料及其成形工艺	101
5.2.1	塑料概述	101
5.2.2	塑料的主要成形方法	103

5.2.3	塑料制品的加工	107
5.2.4	塑料制品的结构工艺性	109
5.2.5	塑料在工业设计中的应用	111
5.3	橡胶及其成形工艺	116
5.3.1	橡胶概述	116
5.3.2	橡胶的成形	118
5.3.3	橡胶的加工	119
5.3.4	橡胶制品的结构工艺性	120
5.3.5	橡胶在工业设计中的应用	121
	复习思考题	126
第6章	无机非金属材料及其成形	127
6.1	无机非金属材料成形概述	128
6.2	陶瓷成形工艺	129
6.2.1	陶瓷成形概述	129
6.2.2	注浆成形	130
6.2.3	可塑成形	132
6.2.4	压制成形	134
6.3	玻璃及其成形工艺	135
6.3.1	玻璃的特性	135
6.3.2	玻璃成形工艺	138
6.4	木材及其成形工艺	143
6.4.1	木材的特性	143
6.4.2	木材成形工艺	145
6.5	无机非金属材料的应用	149
6.5.1	陶瓷在工业设计中的应用	149
6.5.2	玻璃在工业设计中的应用	150
6.5.3	木材在工业设计中的应用	152
	复习思考题	153
第7章	复合材料及其成形	155
7.1	复合材料成形概述	156
7.2	常用复合材料成形工艺	156
7.2.1	树脂基复合材料成形	156
7.2.2	金属基复合材料成形	159
7.2.3	陶瓷基复合材料成形	161

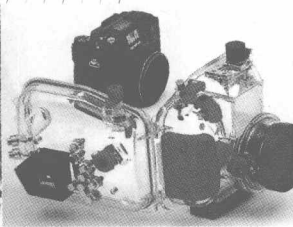
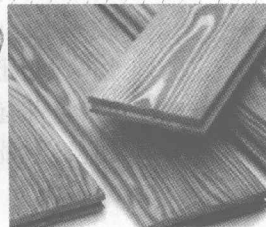
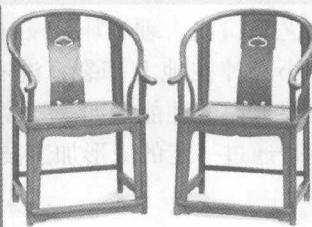
7.3	复合材料在工业设计中的应用	162
	复习思考题	165
第8章 切削加工与特种加工		167
8.1	产品设计与制造过程概述	168
8.1.1	产品设计与机械制造	168
8.1.2	生产过程与生产纲领	169
8.2	切削加工	171
8.2.1	切削加工概述	171
8.2.2	切削加工质量要求	171
8.2.3	表面切削加工方法	173
8.2.4	产品结构工艺性	182
8.3	数控加工技术	183
8.3.1	数控加工原理与设备组成	184
8.3.2	数控加工设备分类	185
8.3.3	常见数控加工设备简介	187
8.3.4	数控加工特点与应用	190
8.4	特种加工技术	191
8.4.1	特种加工技术概述	191
8.4.2	电火花加工	193
8.4.3	电火花线切割加工	194
8.4.4	激光加工	196
8.4.5	光化学腐蚀加工	197
8.4.6	其他特种加工方法	199
	复习思考题	203
第9章 逆向工程与快速成形技术		205
9.1	逆向工程	206
9.1.1	逆向工程原理	206
9.1.2	逆向工程方法	207
9.1.3	逆向工程的应用	209
9.1.4	逆向工程应用实例	210
9.2	快速成形技术	212
9.2.1	快速成形技术概述	212
9.2.2	快速成形技术方法与工艺	213
	复习思考题	217

第 10 章 新材料、新技术与新工艺	219
10.1 新材料	220
10.2 新技术	223
10.3 新工艺	225
复习思考题	226
第 11 章 产品造型设计材料与工艺实例	227
11.1 2008 北京奥运会火炬	228
11.2 诺基亚 7500 Prism 手机	229
11.3 宝马汽车设计	232
参考文献	235

第 1 章

概 述

- ▶ 1.1 产品设计与材料及加工技术
- ▶ 1.2 产品设计选材及成形原则



1.1 产品设计与材料及加工技术

1.1.1 产品设计与材料

材料是设计的物质基础和载体,是科学技术研究的重要方面,设计材料已由单一的木材、陶瓷、玻璃和金属到越来越丰富的塑料、复合材料等,为产品设计打开了广阔的天地。基本功能相同的产品,由于采用了不同的材料和加工工艺,就可以带来巨大的形态变化,随后带来的是使用和功能的变化。例如电视机外壳,用木质层板来做,因受到材料特性和加工工艺的制约,一般会做成方形,若要做成弧度则有一定的难度,但是如果用工程塑料来做电视机外壳,就很容易用压注成型的方法实现曲面造型。

一切机器、建筑、交通工具、生活用品等无不是由材料构成的。工业设计就是要依据对产品的功能和外观的需求选择适当的材料,设计它们的结构与形式,确立它们的组合方式等。因此,在工业设计活动中必须考虑材料的性质与特点。

1. 材料与工业设计的关系

(1) 材料是工业设计的物质基础 由于任何产品都是由材料组合而成,任何设计都必须建立在可选项材料的基础上,因此设计师在提出符合美学的造型设计时,必须同时考虑现有材料是否可以通过特定的制作工艺达到设计要求。

(2) 材料与工业设计相互促进 材料的发展常常会给工业设计带来突破性的发展,如图 1-1 所示的法国巴黎的埃菲尔铁塔的设计就是这样的例子,当时人们对钢铁的高强度等性质已有比较清楚的认识,钢铁也步入大规模的工业化生产,能够提供充足的、价格合理的各种钢铁型材。设计师充分利用钢铁具有高强度这一性质提出了当时全新的设计理念,最终建造出巴黎标志性的建筑铁塔。另一方面,新的设计思想的提出,对材料的发展提出了新的要求,也促进了材料研究人员探索和发展新材料,如黄金饰品的表面是设计师和消费者的一种喜好,它不仅满足人们的审美要求,而且化学稳定性极好,不会生锈,但是价格十分昂贵,难以大批量使用,在 market 需求的推动下,研究人员研制了仿金装饰材料,解决了这一问题。所以说工业设计与材料的发展是相互促进的。

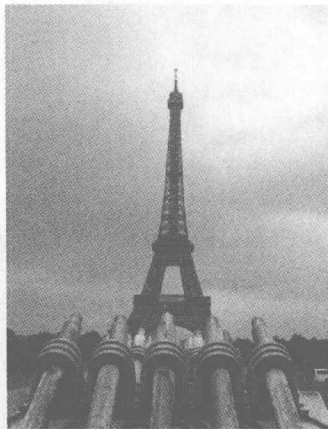


图 1-1 法国埃菲尔铁塔

(3) 材料科学是工业设计的基础 设计师在进行工业产品设计时,不仅要有造型美学上的考虑,还要考虑设计的合理性与可行性。也就是说材料除了满足美学要求外,能否满足使用性能、加工工艺、价格合理、环境友好等各方面的要求,像移动电话的外壳要考虑一定的韧性,以免不小心掉在地上摔裂,洗衣机的外壳要考虑在潮湿的环境下不会生锈等。对于工业产品还要考虑的性能诸如:强度、硬度、韧性、耐磨性和光泽等。另外,设计能否实现还要看能否通过一定的成形加工技术完成对材料的加工。

2. 不同材料与产品设计的关系

不同材料的性质不同,如色彩、光泽、形态、成形工艺等,其在产品造型中的应用也不同。

金属在产品设计中的应用可以从色彩、光泽、肌理、形态等方面得到体现。金属的色彩可以分为固有色和人为色彩。固有色是产品的重要因素,设计中必须发挥材料固有色彩的美感属性,而不能削弱和影响材料功能的发挥,可以应用对比、点缀等手法加强固有色色彩的美感属性,丰富其表现力。由于金属加工和表面处理的不同,肌理的变化十分丰富,因此在进行设计时要合理运用,充分发挥金属的肌理美等。

塑料因为可以使产品的造型取得良好的艺术效果和经济效果,因而在工业产品造型设计中得到越来越多的应用。塑料的外观可变性大,可塑出不同表面肌理。

木材又有别于金属和塑料,由于不同的树种会产生不同的特性,不同产地、季节也会产生不同的特性、纹理,有的适合制成桌子,有的适合制成椅子,不同的加工方式、不同的木材有不同的应用方式。

3. 产品设计中的表面处理

材料的表面纹理和质感是工业设计中的重要方面,是对工业产品造型设计的技术性、艺术性的总体体现。表面纹理和产品的艺术表现形式美的法则有调和与对比等,是指材料表面整体与局部、局部与局部的配比关系。任何工业设计产品的外观结构都是由一系列特定的表面组合而成,工业设计既要对产品的外观结构进行设计,还必须考虑其组成表面的制造特征,好的设计不仅要有好的、合理的外观和结构,其组成表面还必须通过一定的加工工艺制造出来,所以一个产品设计师必须了解一定的加工工艺的基础知识。如:金属成形工艺的液态成形(铸造)、塑性加工、连接成形(焊接)、粉末冶金等;塑料加工工艺的注射成形、挤出成形、吹塑成形、压制成形、压延成形等;木材加工的凿削、刨削等。不同加工方法适用于不同的材料,有不同的特点,制造成本也不同,所以产品设计中还必须考虑整个产品的成形工艺性,并设计合理的、经济的加工方式。

1.1.2 产品设计与加工技术

任何设计的产品都需要经过加工制作才能成为有实用价值的产品。选用不同的材料就需要采用不同的加工方法,如热加工成形、冷加工成形、注射和快速成形技术等。为了保证设计的合理性和加工的经济性,在进行产品设计时就应该预先考虑到其加工技术问题。

1.2 产品设计选材及成形原则

在产品设计中,当材料性能难以满足产品性能或寿命要求时必须改进设计。此外,工程材料往往是各向异性的,因此结合使用材料时的取向和产品力学分析使材料性能得以最优发挥也是设计选材的重要因素。

1. 使用性原则

主要考虑满足产品本身功能、性能,包括材料的常规力学性能、疲劳断裂性能、抗复杂环境侵蚀的性能,对特殊机电产品采用特殊材料,如压电陶瓷材料、功能梯度材料、各

种纳米材料等的特殊性能。材料性能指标往往受当前材料科学发展的局限,设计选材时必须了解材料的各种特性。

2. 工艺性原则

在设计阶段考虑材料的可加工性可以提高产品的经济性,减少能耗和制造过程中不利副产品的产生。例如,使用粉末冶金成形技术制造齿轮等外形复杂、加工精度要求高的部件,在强度和寿命要求可以满足的情况下能够显著提高工效、降低成本。

3. 性价比原则

材料的价格性能比是制约设计选材的一个重要因素,但在全生命周期设计中不能单纯看待材料价格,而应当全面分析材料的使用效能。

4. 环保性原则

绿色材料的概念正在得到设计者的认可,材料在使用过程中对环境的影响、废弃后的可降解性等是全生命周期设计中必须考虑的因素。

绿色环保材料应该能够提高效能,延长生命周期,减低产品的淘汰率;减少对环境有破坏和污染材料的使用,避免使用有毒材料;材料的使用单纯化、少量化,尽量避免多种不同材料混合使用;选用废弃后能自然分解并为自然界吸收的材料;选用可回收或者能重复使用的材料等。

电视机外壳的环保设计如图 1-2 所示。

5. 美学性原则

工业产品的美主要体现在两个方面,一个是产品外在的感性形式所呈现的美,称为“形式美”,另一个是产品内在结构的和谐、有秩序而呈现出的美,称为“技术美”。无论外在易感知的形式美,还是内在不易感知的技术美,两者的要素是相互联系的。当把这两方面的要素有机结合时,就可以达到产品真正的美。

形式美是指构成事物的外在属性(如形、色、质等)及其组合关系所呈现出来的审美特性,它是人类在长期劳动中所形成的审美意识。在产品造型设计中必须遵循这些规律,加以灵活运用。任何艺术作品,离开形式美,美就会失去魅力,不能起到感染人的作用。

形式美首先展示的是材质美。在人类社会漫长的发展历史中,人们总是在不断地发现、发明新的材料,并利用它们来创造周围的一切。这些造物的材料在人类文明进程中,往往被赋予了文化内涵和美学属性,不同材质蕴涵着不同的情感,它们构成了五光十色的大千世界。

材料的美学属性包括:材料美的自然属性、材料美的科技属性和材料美的社会属性等。

材料美的自然属性体现在材料的情感联想性和材料的真实性、材料的自然生命性和材料的纯净性等方面;材料美的科技属性体现在材质的光学效应美和材质的工艺美两个方面;材料美的社会属性主要体现在材料的绿色性和材料的亲和性等方面。

例如,在产品设计中材质亲和力较强的是丹麦家具,它十分讲究采用天然材料,如木材、皮革、藤条等。一般木质家具多不上油漆,而采用磨光上蜡的工艺,以保持木材的自

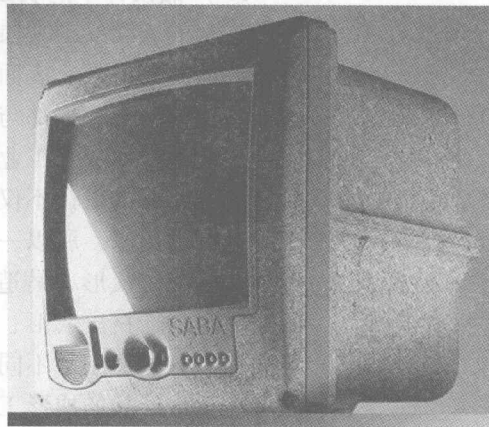


图 1-2 电视机外壳的环保设计

然纹理与质感。普通丹麦人的家居设计大都十分简洁而实用。由于偏爱自然的色彩与质感,给人一种温馨、宜人的感受,为家庭成员度过漫长而寒冷的北欧严冬提供了重要的心理依托。

优秀的设计离不开优美的材质,但不是说材质的美感可以凌驾于其他设计要素之上,产品的美感都是造型、材质、功能、风格的平衡与和谐。

技术美是科学技术与美学艺术相融合的新的物化形态。技术美是物质生产领域的直接产物,反映的是物的社会现象,艺术美是精神生产领域的直接产物,反映的是人的社会现象。

归纳起来讲,美学性原则应该体现在功能美、结构美、工艺美、材质美和舒适美等五个方面。

(1) 功能美 指产品良好的技术性能所体现的合理性,是科学技术高速发展对产品造型设计的要求。技术上的良好性能是构成产品功能的必要条件。

(2) 结构美 产品依据一定原理而组成的具有审美价值的结构系统。结构是保证产品物质功能的手段,材料是实现产品结构的基础。同一功能要求的产品可以设计成多种结构形式,若选用不同的材料其结构形式也可产生多种变化。结构形式是构成产品外观形态的依据,结构尺寸是满足人们使用要求的基础。

(3) 工艺美 指产品通过加工制造和表面涂饰等工艺手段所体现的表面审美特性。工艺美的获得主要是依靠制造工艺和装饰工艺两种手段。制造工艺主要通过机械精整加工后所表露出的加工痕迹和特征;装饰工艺通过涂料装饰或电化学处理以提高产品的力学性能和审美情趣。

(4) 材质美 指选取天然材料或通过人为加工所获得的具有审美价值的表面纹理,它的具体表现形式就是质感美。质感按人的感知特性可分为触觉质感和视觉质感两类。触觉质感是通过人体接触而产生的一种快乐或厌恶的感觉。视觉质感是基于触觉体验的积累,凭视觉就可以判断它的质感而无需再直接接触。

(5) 舒适美 指人们在使用某产品的过程中,通过人机关系的协调一致而获得的一种美感。舒适美主要是通过人的生理感受(如操作方便、乘坐舒适、不易产生疲劳等)和心理感受(如形态新颖、色调调和、装饰适当等)两方面来体现的,其中更侧重生理上的感受。

材料的美学表现如图 1-3 所示。



图 1-3 材料的美学表现

复习思考题

- 1-1 阐述材料与工业设计的关系。
- 1-2 产品设计选材及成形原则有哪些?
- 1-3 产品的美学性原则包括哪些方面?

