



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

设计材料及加工工艺 (修订版)

江湘芸 编著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
北京高等教育精品教材

设计材料及加工工艺

(修订版)

江湘芸 编著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

设计材料及加工工艺/江湘芸编著. —2版. —北京: 北京理工大学出版社,
2010. 11

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5640-3046-9

I . ①设… II . ①江… III . ①工程材料—造型设计—高等学校—教材
IV . ①TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 020552 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京中科印刷有限公司

开 本 / 889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 460 千字

版 次 / 2010 年 11 月第 2 版 2010 年 11 月第 9 次印刷

印 数 / 33001 ~ 38000 册

定 价 / 59.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印刷 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前言

工业设计是一门新兴的实用学科。《设计材料及加工工艺》是工业设计专业中一门必修的基础专业课程，它在工业设计教学中具有十分重要的地位。

在设计中，材料及工艺和设计的关系是密切相关的。材料及工艺是产品设计的物质技术条件，是产品设计的基础和前提。设计通过材料及工艺转化为实体产品，材料及工艺通过设计实现其自身的价值。材料作为一个包括产品—人—环境的系统，以其自身的特性影响着产品设计，不仅保证了维持产品功能的形态，并通过材料自身的性能特性满足产品功能的要求，成为直接被产品使用者所视及与触及的唯一对象。任何一个产品设计，只有与选用材料的性能特点及其加工工艺性能相一致，才能实现设计的目的和要求。每一种新材料、新工艺的出现都会为设计实施的可行性创造条件，并对设计提出更高的要求，给设计带来新的飞跃，出现新的设计风格，产生新的功能、新的结构和新的形态。而新的设计构思也要求有相应的材料及工艺来实现，这就对材料及工艺提出了新的要求，促进了材料科学的发展和工艺技术的改进与创新。

《设计材料及加工工艺》为国家“十五”规划教材，出版后使用效果良好，已进行多次印刷，荣获2004年北京市精品教材。教材编写于2002年，出版时间为2003年8月，其部分内容已满足不了时代的需求，为此需要修订和补充教材内容，以符合当代设计教育的要求，使设计材料和工艺更好地为设计服务。该教材的修订版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

《设计材料及加工工艺（修订版）》在原教材内容的基础上进行了大量的拓展和补充，全书内容共为十一章。着重探讨“材料设计”系统，将材料的性能、使用、选择、制造、开发、废弃处理和环境保护看成一个整体，探讨材料对人的生理和心理效应及对环境的影响因素，积极评价各种材料在设计中的使用价值和审美价值，使材料具有开发新产品和新功能的可行性。教材以材料的应用为切入点，着重介绍设计中常用的设计材料及加工工艺，了解和掌握各种材料的基本特性、表面质感和用途，比较各种材料的特定形态及实现这种形态的工艺技术，了解当今时代的新信息，能动地运用新材料和新技术，把握材料及工艺在设计中的运用。

本书作为工业设计专业的适用教材，内容不过多涉及有关工科专业理论。全书文字简洁、通俗易懂，具有广、浅、新的特点。特别是书中配置的大量图片，使读者更直观地感觉到产品设计中材料与工艺的魅力。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者

第一章 概论	(1)
1.1 设计与材料	(1)
1.2 产品造型设计的物质基础	(3)
1.3 材料设计	(4)
1.4 设计材料的分类	(6)
1.5 设计材料的基本特性	(7)
1.5.1 材料特性的评价	(7)
1.5.2 材料的固有特性	(8)
1.5.3 材料的派生特性	(10)
思考题	(10)
第二章 材料的工艺特性	(11)
2.1 材料的成型加工	(11)
2.1.1 成型加工工艺	(11)
2.1.2 材料成型工艺的选择原则	(13)
2.2 材料的连接工艺	(14)
2.3 材料的表面处理	(18)
2.3.1 表面处理的目的	(18)
2.3.2 表面处理类型	(19)
2.3.3 材料表面处理工艺的选择原则	(23)
2.4 新材料成型技术——快速成型技术	(25)
2.4.1 快速成型的原理及特点	(25)
2.4.2 快速成型的基本方法	(26)
2.4.3 快速成型技术在设计领域的应用	(28)
思考题	(32)
第三章 材料感觉特性的运用	(33)
3.1 材料感觉特性的概念	(33)
3.1.1 材料感觉特性的内容	(33)
3.1.2 材料感觉特性的评价	(35)
3.1.3 影响材料感觉特性的相关因素	(36)
3.2 质感设计	(37)
3.2.1 质感设计的形式美法则	(37)
3.2.2 质感设计的运用原则	(39)
3.2.3 质感设计的主要作用	(40)
3.3 材料的抽象表达	(41)
3.4 材料的美感	(43)
3.4.1 材料的色彩美感	(44)
3.4.2 材料的肌理美感	(45)

3.4.3 材料的光泽美感	(46)
3.4.4 材料的质地美感	(47)
3.4.5 材料的形态美感	(49)
思考题	(50)
第四章 材料与环境	(51)
4.1 环境意识	(51)
4.2 绿色设计	(52)
4.2.1 绿色设计的基本特征	(52)
4.2.2 绿色设计的基本原则——6R 设计原则	(53)
4.2.3 产品设计的绿色观念	(54)
4.2.4 绿色设计的发展方向	(55)
4.3 绿色材料	(56)
4.3.1 绿色材料的主要内涵	(56)
4.3.2 典型的绿色材料	(57)
4.3.3 绿色材料的评估方法 (LCA)	(58)
4.4 材料选择对环境保护的考虑	(58)
4.5 影响材料选择的环境因素	(59)
思考题	(60)
第五章 金属材料及加工工艺	(61)
5.1 金属材料的分类及特性	(61)
5.2 金属材料的工艺特性	(62)
5.2.1 金属材料的成型加工	(63)
5.2.2 金属材料的热处理	(71)
5.2.3 金属材料的表面处理技术	(72)
5.3 常用的金属材料	(74)
5.3.1 钢铁材料	(74)
5.3.2 常用的有色金属材料	(78)
5.3.3 其他合金金属	(81)
5.4 金属材料在设计中的应用	(82)
思考题	(88)
第六章 高分子材料及加工工艺	(89)
6.1 高分子聚合物的基本知识	(89)
6.2 塑料的基本特性	(92)
6.3 塑料的工艺特性	(95)
6.3.1 塑料的成型工艺	(96)
6.3.2 塑料的二次加工	(102)
6.4 常用的塑料材料	(105)
6.4.1 通用塑料	(105)
6.4.2 工程塑料	(109)
6.4.3 泡沫塑料	(113)
6.5 塑料产品的结构设计	(115)

6.5.1	塑料产品的结构要素	(116)
6.5.2	塑料结构设计的应用	(121)
6.6	塑料在设计中的应用	(125)
6.7	橡胶材料及加工工艺	(130)
6.7.1	橡胶的特性及分类	(130)
6.7.2	橡胶的加工工艺	(131)
6.7.3	常用橡胶材料	(131)
6.7.4	橡胶材料在设计中的应用	(134)
	思考题	(136)
第七章	木材及加工工艺	(137)
7.1	木材的基本特征	(137)
7.1.1	木材的组织构造	(137)
7.1.2	木材的基本性能	(138)
7.2	木材的工艺特性	(140)
7.2.1	木材的加工成型	(140)
7.2.2	木材制品的表面装饰技术	(142)
7.3	常用木材	(145)
7.3.1	原木	(146)
7.3.2	人造板材	(146)
7.3.3	新颖木材	(148)
7.4	木材在设计中的应用	(149)
7.4.1	设计中木材的选用	(149)
7.4.2	木材的感觉特性	(149)
7.4.3	设计实例	(152)
	思考题	(156)
第八章	无机非金属材料及加工工艺	(157)
8.1	玻璃材料	(157)
8.1.1	玻璃的基本性能	(157)
8.1.2	玻璃的工艺特性	(158)
8.1.3	常用玻璃材料	(163)
8.1.4	玻璃在设计中的应用	(170)
8.2	陶瓷材料	(177)
8.2.1	陶瓷的基本知识	(177)
8.2.2	陶瓷的成型工艺	(179)
8.2.3	常用陶瓷制品	(182)
8.2.4	陶瓷材料在设计中的应用	(185)
	思考题	(188)
第九章	复合材料及加工工艺	(189)
9.1	复合材料的基本特征	(189)
9.1.1	复合材料的概念	(189)
9.1.2	复合材料的特点	(189)

9.1.3 复合材料的分类	(190)
9.2 常用复合材料	(191)
9.2.1 纤维增强复合材料	(191)
9.2.2 层合复合材料	(194)
9.2.3 颗粒复合材料	(195)
9.3 复合材料的成型工艺	(196)
9.4 复合材料在设计中的应用	(197)
思考题	(200)
第十章 产品设计中材料的选择与开发	(201)
10.1 设计材料的选用	(201)
10.1.1 设计材料的选择原则	(201)
10.1.2 影响材料选择的基本因素	(202)
10.2 材料工程的发展	(203)
10.3 设计材料的开发	(204)
10.3.1 新材料	(204)
10.3.2 新材料对产品造型设计的影响和作用	(205)
10.3.3 新材料的开发方向	(206)
10.4 发展中的新材料	(208)
10.5 新材料的运用	(211)
思考题	(214)
第十一章 材料体验与表现	(215)
11.1 材料的认知体验	(215)
11.2 材料构成体验	(216)
11.3 材料的设计技法表现	(218)
思考题	(221)
参考文献	(222)

第一章

概 论

1.1 设计与材料

翻开人类进化史,我们不难发现,材料的开发、使用和完善贯穿其中,与人类的生活和社会发展密不可分。材料对人类的生存和发展产生了深刻的影响,人类文明进化的时代就是以材料的产生和使用来划分的,历史学家曾按材料的使用情况将人类社会的发展分成旧石器时代、新石器时代、青铜器时代和铁器时代(包括钢时代)。以材料的名称来划分人类的历史,体现了材料对人类生存发展的决定意义。整个人类史就是一部材料史,一部材料史就是人类的文明史、设计史。纵观人类的造物史,实际上是不断发现材料、利用材料、创造材料的历史,材料无时无刻不在影响着我们的生活。

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中不可缺少的重要部分,材料是人类一切生产和生活的物质基础,是人类进步的里程碑,是人类文明和时代进步的标志,是社会科学技术发展水平的标志。

人类最早选择的材料是草、木、藤、石、皮毛等自然材料,新石器时期,人类就开始对这些自然材料进行有目的的加工,使材料具有了承载人性的文化特征。陶的发明是人类文明史上的里程碑,是人类主动改造自然的象征,它使人类告别了仅以利用自然材料进行设计活动的时期,进入了利用加工材料进行设计的历史。

材料是人类生产各种所需产品和生活中不可缺少的物质基础。人类改造世界的创造性活动,是通过利用材料来创造各种产品才得以实现的。从原始时代起,人类使用材料时就注意到各种材料的基本特性,并经过无数次的失败和成功,积累和丰富了对材料的认识和加工技术,尽量针对不同的材料予以不同的形态设计。科学技术的发展使现代新型材料不断出现和广泛应用,对工业造型设计有着极大的推动作用。每一种新材料的发现和应用,都会产生不同的成型加工方法和工艺制作方法,从而导致产品结构的巨大变化,给产品造型设计带来新的飞跃,形成新的设计风格,同时也给产品造型设计提出更高的要求,形成设计发展的推动力,从而会引发一场新的设计运动。

人类的设计意识与使用材料是并生共存的,任何设计都需要通过材料来实现。产品造型设计的过程实质上是对材料的理解和认识的过程,是“造物”与“创新”的过程,是应用的过程。

以家具中的椅子为例,可以看出椅子设计造型的变化与发展和椅子材料的应用与发展是相辅相成、相互影响、相互促进和相互制约的。

古希腊时期,采用天然石材制作的石椅子,由于石材承受的压力远远高于承受拉力,且不易加工装配,通常整体落地,因而形成一个基座式椅子的造型风格。

我国明式家具在家具发展中占有十分重要的地位,明式家具除其完美简洁的造型、严谨合理的结构、精致的制作工艺外,自然亮丽的材料质感是明式家具的重要特征。明式椅子所用木材多为紫檀木、黄花梨木、杞梓木、红木、乌木、铁力木和楠木等,这些木材质地坚硬、色泽柔和、纹理优美、强度高、气味独特,是其他一般木材无法比拟的。在用材上,根据椅子结构的不同部位,审辨木材的材质、色泽和纹理,以恰如其

分的尺寸进行粗细随形处理。在制作中,由于材质坚硬,使得精密的榫卯结构得以实现,这样使得明式椅子在造型上,线条更加挺拔秀丽、流畅,其形体更加严谨轻巧、浑然一体,如圈椅、官帽椅(图1-1)。由这些优质木材制作的家具经烫蜡打磨或用其他装饰工艺加工后,其光亮如镜,显露出自然华美的纹理,呈现出黑里透红、润泽内蕴的光辉色彩和富有含蓄深沉的美感。这使明式家具以其独特的清秀典雅、明快流畅的风格屹立于世界家具之林,这也充分体现了材料自身美与家具造型和风格两者之间的关系。

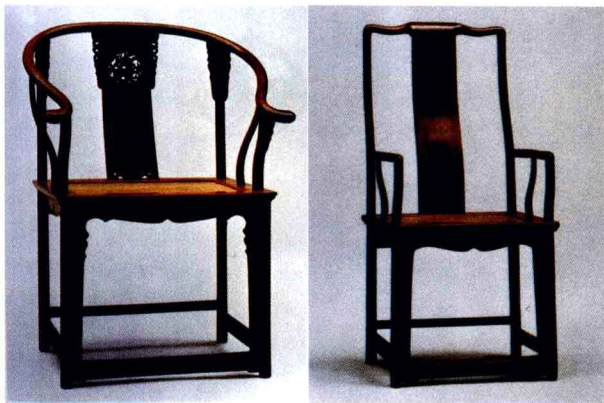


图1-1 明代家具——圈椅和官帽椅

在现代设计发展的进程中,设计师们在材料的运用上给我们留下了丰富而宝贵的经验。自18世纪欧洲工业革命以来,随着科学技术的发展,出现了各类新材料、新工艺,给家具造型带来了新的生命。特别是1919年德国兴起的“包豪斯”学派,主张以直线和突破陈规的构思去合理使用各种材料,讲究构图的动势感和材料质感上的对比,使其在合理而富有数理性的造型概念中充满“动”与“视”的和谐统一。由马歇尔·布鲁耶(Marcel Breuer)领导的家具改革,开辟了家具设计新的一页。他由自行车把手而引出了钢管家具的设想,于1925年以钢管和帆布为材料,成功地设计并制造出了世界上第一张以标准件构成的钢管椅——瓦西里椅(图1-2),首创了世界钢管椅的设计,突破了原有木制椅子的造型范围。由于钢管具有弹性,强度高,表面经处理后显露出的光泽,使产品造型更显得轻巧优美、华贵高雅、结构坚固、单纯紧凑,满足了良好的使用功能和审美功能,充分表现了钢的强度与弹性的结合,强调了美观决定于功能需求、材料的固有特性以及精巧的结构这三者之间的相互关系,体现出强烈的时代感和现代工业、现代材料的科学美。



图1-2 钢管椅——瓦西里椅

20世纪三四十年代以后,由于合成树脂的迅速发展和高频胶合技术的应用,产生了一种新的椅子形态——胶合板椅,它改变了原有木材的特性,其结构、强度等均发生了变化,赋予椅子新的造型风格。芬兰设计师阿尔瓦·阿尔图(Alvar Aalto)设计的弯曲胶合板椅(图1-3),采用薄而坚硬但又能热弯成型的胶合板材热压弯曲而成,轻巧而舒适,充分利用了材料的特点,既优雅雅致而又毫不牺牲其舒适性。其造型既有包豪斯钢管椅的结构特征,又有30年代流线型的美学特征,具有几何形体的明确性和简洁性的造型特点。由设计师格瑞特·杰克(Grete Jalk)设计的靠背椅(图1-4),采用柚木面层的胶合板材料制作,胶合板经切割加工后采用热弯曲加工方法弯曲成型。椅子由两部分组成,采用钢钉装配。在此款设计中胶合板被弯曲成空前的程度,其弯角处转角半径小,弧形多样,承载强度大,造型优美挺拔。



图1-3 胶合板椅



图1-4 靠背椅

此外,新的合金技术和合成化学技术也为椅子提供了各类高性能的轻质合金材料及高分子聚合材料,这一系列材料的问世,为椅子造型设计开辟了更广阔的领域。丹麦设计师威勒·潘顿(Verner Panton)设计的S形塑料椅(图1-5),采用塑料一次性模压成型而得,其造型简洁优美,色彩艳丽,突破了原有木质椅子的造型特征,独特的造型充分体现了塑料的生产工艺和结构特点,使塑料这种工业化、大众化的材料变得高雅,是现代材料、现代

生产方式与造型的有机结合,是现代家具史上革命性的突破。设计师皮尔罗·加提(Piero Gatti)等设计的Sacco椅(图1-6),采用乙烯基布缝制成一个锥状袋子,内装颗粒状聚苯乙烯泡沫球,此款布袋椅完全抛弃了家具设计的结构,适宜使用者所采取的各种坐姿。

材料科学的发展,使产品形态产生了根本的变化。各种新材料、新工艺的出现,给椅子造型带来了新的生机,出现了诸如玻璃椅子(图1-7)、充气椅子(图1-8)等各种形式和结构,表达了不同的材料引起了产品造型的变化。这些材料与工艺的结合,为椅子造型设计提供了更多的造型方法和手段,产生了完全崭新的造型风格。

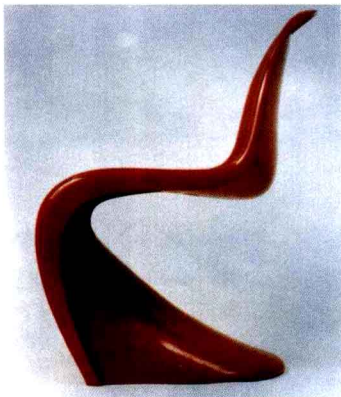


图 1-5 S 形塑料椅



图 1-6 Sacco 椅

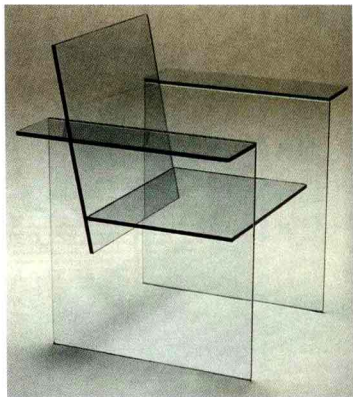


图 1-7 玻璃椅子

1.2 产品造型设计的物质基础

产品造型设计是工业产品技术功能设计与美学设计的结合与统一,集现代科学技术与社会文化、经济和艺术为一体。造型设计是一种人造物的活动,是人们在一定文化艺术指导下,有意识、有目的地运用人类科学文化发展的优秀成果,用现代工业化生产方式将各种材料转变为具有一定使用价值或具有商品性的工业产品的创造活动。

产品是由一定的材料经过一定的加工工艺而构成的,一件完美的产品必须是功能、形态和材料三要素的和谐统一,是在综合考虑材料、结构、生产工艺等物质技术条件和满足使用功能的前提下,将现代社会可能提供的新材料、新技术创造性地加以运用,使之满足人类日益增长的物质和精神需求。

在产品造型设计中,材料是用以构成产品造型且不依赖于人的意识而客观存在的物质,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,均是工业造型设计的物质基础;工艺是指材料的成型工艺、加工工艺和表面处理工艺,是人们认识、利用和改造材料并实现产品造型的技术手段。材料通过工艺过程成为具有一定形态、结构、尺寸和表面特征的产品,将设计方案转变成具有使用价值和审美价值的实体。

材料与工艺是设计的物质技术条件,是产品设计的前提,它与产品的功能、形态构成了产品设计的三大要素(图1-9)。组成产品造型设计的三个基本要素是互相影响、互相促进和互相制约的。

功能是设计的目的,形态是产品功能的具体表现形式,物质技术条件是实现设计的基础。而产品的功能和造型的实现都建立在材料和工艺上。只有三者有机结合,才能充分体现出现代工业产品的实用性、艺术性和科学性。

在诸多的造型材料中,各种材料都有其自身的材料特性,并因加工性能和装饰处理的各异而体现出不

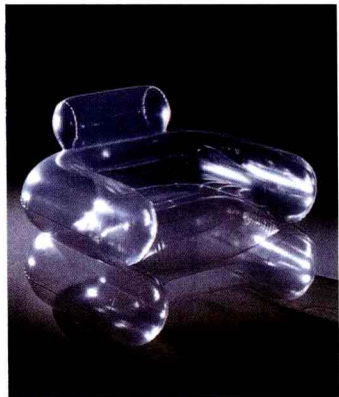


图 1-8 充气椅子

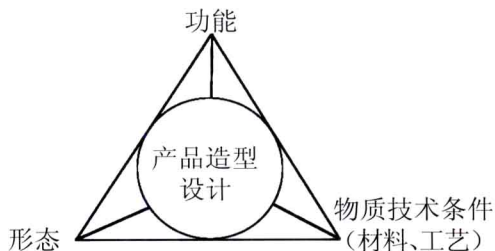


图 1-9 产品造型设计要素

同的材质美,从而影响着产品造型设计。任何一种产品造型设计只有与选用材料的性能特点及其工艺特性相一致,才能实现设计的目标和要求。

在设计中,对于材料要有一个较为全面的认识,一方面,材料的发展与我们社会的进步有着紧密的联系,可以说,材料开拓了想象的空间,设计也为材料提供了展示其魅力的平台;另一方面,将材料看做是有生命的对象,适度地运用会与设计作品相得益彰。

材料的不同,必然带来设计的不同,新的材料会产生新的设计,产生新的造型形式,给人们带来新的感受。

1.3 材料设计

19 世纪以前的制品都是采用天然材料做成的。材料与制品的对应关系都是相对固定的。由于材料种类稀少,在设计中改变材料性质、重新组合使用材料、改变材料用途的可能性极小,因此改变材料的色彩或将不同的材料组合起来就成了设计的主要任务。20 世纪初塑料诞生后,由于塑料的质地均匀、价格便宜并适合于机械大生产,因此大部分器具纷纷以塑料替代天然材料,其中尤其突出的是用尼龙代替丝绸。这个时期的设计仍用塑料摹仿用玻璃、陶瓷、木材等单一材料做成的生活器具,从本质意义上讲仍未摆脱“替代设计”的阴影。20 世纪 70 年代以来,更多具有特殊性质的塑料品种在工业生产中得到广泛应用。塑料本身所具有的特点决定了其产品的色彩、形态和使用方法,也提示了新制品诞生的可能。这一时期的设计工作已不再是被动地运用塑料,而是采用能充分发挥各种塑料特性的方法来进行包括汽车、飞机、家具、建筑等的设计。同时新的塑料制品还在包装业、运输业、捕鱼业等领域中得到了恰当的运用。随着材料品种的增多,设计开始面临确切表达和利用材料个性的问题。

近年来,一批设计师不甘心被动地接受材料科学的研究成果,从“以人为本”的角度出发,积极评价各种材料在设计中的价值,挖掘材料在造型设计中的潜力,有意识地运用新材料和新技术来创造新产品,同时关注环境问题。从而出现了“材料设计”的理念,确定了材料运用已成为设计活动中一个不可忽视的部分。

1. 材料设计的内容

产品造型中的材料设计,是以包括“物—人—环境”的材料系统为对象,将材料的性能、使用、选择、制造、开发、废弃处理和环境保护看成一个整体,着重研究材料与人、社会、环境的协调关系,对材料的工学性、社会性、经济性、历史性、生理性和心理性、环境性等问题进行平衡和把握,积极评价各种材料在设计中的使用价值和审美价值,使材料特性与产品的物理功能和心理功能达到高度的和谐统一,使材料具有开发新产品和新功能的可行性,从各种材料的质感中去获取最完美的结合和表现,给人以自然、丰富、亲切的视觉和触觉的综合感受。如图 1-10 所示。

产品造型中的材料设计能有效地发掘材料为设计服务的潜力,使设计在色彩、形态、制造工艺方面所受的限制大幅度降低,使设计的可能性不断扩大。有意识地运用各种新技术和新手段来创造新材料,运用具有新的组合方式、新的形态和新的性质的各种材料进行新产品的开发。因此,我们在选择使用材料时,不仅从材料本身的角度考虑材料的功能特性,还必须从使用者和环境的角度考虑材料与人机界面的特殊关系,考虑材料与周围环境的有机联系,甚至包括防止环境污染和非再生资源的滥用等问题。

2. 材料设计的方式

产品造型中的材料设计如图 1-11 所示,其出发点在于原材料所具有的特性与产品所需性能之间的充分比较。其主要方式有两种:一是从产品的功能、用途出发,思考如何选择或研制相应的材料;二是从原材料出发,思考如何发挥材料的特性,开拓产品的新功能,甚至创造全新的产品。不论是哪一种方式,其根本之

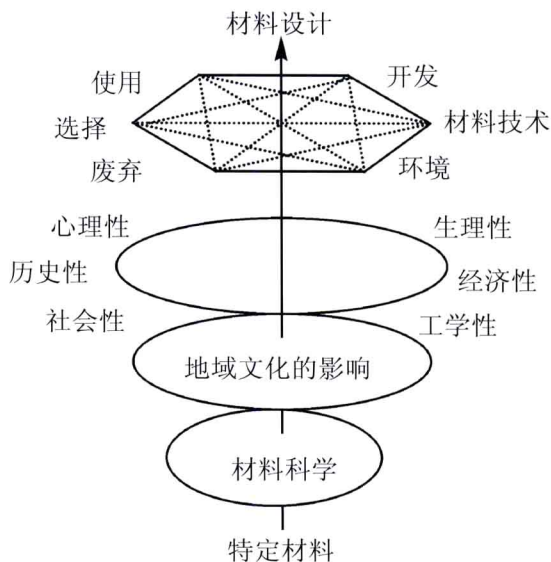


图 1-10 材料设计系统

所在都是使原材料的特性与产品所需性能取得更好的匹配。

在第一种方式中,所思考的问题是:①当已有合适的材料可供选择时,以现有的材料为前提,即为了实现产品所需要的功能而选择最适合的材料。应充分展开对产品所需性能与原材料所具有特性的比较与评价,从性能、成本等多方面深入探讨对材料及其应用方法的选择;②当没有合适的现成材料可供选择时,则应利用合适的原材料进行结构设计,研制能高度满足产品性能要求的新材料;③研制与开发产品化过程中的应用技术,在要求产品具有高度性能的现代设计中,从材料直接变成产品的情况极少。造型所要求的形状、外观所要求的材质感和表面性状(色彩、光泽、肌理等),都需通过应用技术来实现。应用技术是加工技术、成型技术、表面装饰技术等的产品化技术。从现在起有必要再加上废弃技术和再资源化技术。

第二种思考方式却与第一种刚好相反。近年来,随着各种新技术的开发,适用各种技术的新材料也相应得到开发,从而诞生了各种新的原材料,这些新的原材料不仅等待着新用途的开发,而且还为新造型的出现打下了重要的基础。另一方面,与新材料用途开发一样,是以再利用、再资源化而引人注目的废弃物的用途开发。

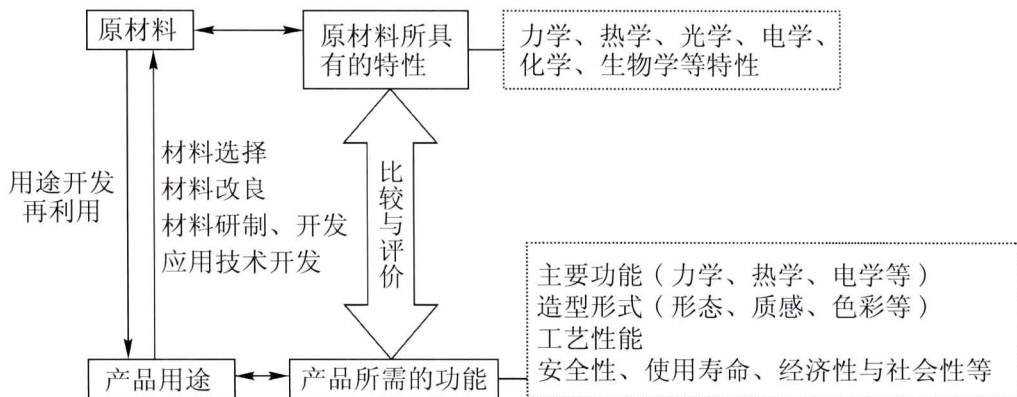


图 1-11 材料设计的方式

3. 材料与产品的匹配关系

产品设计包含两个侧面,即功能设计与形式设计。材料不仅是功能设计而且还是形式设计的主要处理对象,因为材料不仅保证了能维持产品功能的形态,而且材料成为直接被产品使用者所视及与触及的唯一对象。因此,在产品设计中,材料不仅要与功能设计层面并且还要与形式设计层面取得良好匹配。这一匹配关系如图 1-12 所示。

由图得知,材料的性能分为三个层次:其核心部分是材料的固有性能,包括物理性能、化学性能、加工性能等;中间层次是人的感觉器官能直接感受的材料性能,它主要是部分物理性能,如硬软、重轻、冷暖等;其外层是材料性能中能直接赋予视觉的表面性能,如肌理、色彩、光泽等。产品功能设计所要求的是与核心部分的材料固有性能相匹配,而在产品形式设计中除了材料的形态之外,还必须考虑材料与使用者的触觉、视觉相匹配。一般触觉要求的是与中间层次的性能感觉相匹配,而视觉上要求与材料的表面感觉相匹配。

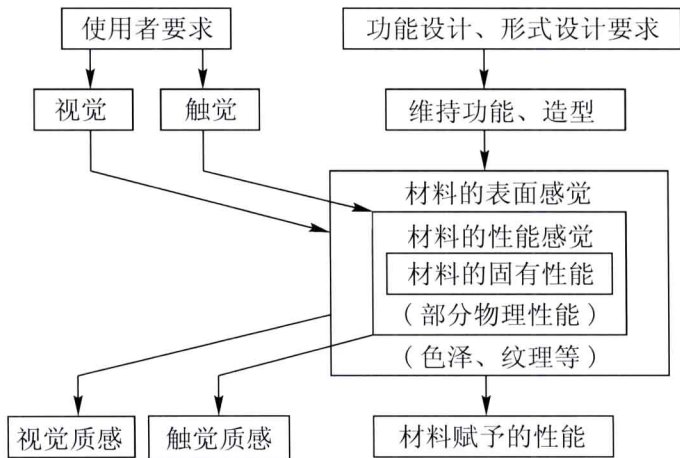


图 1-12 材料与产品的匹配关系

随着科学技术的进步,尤其自 20 世纪 80 年代后期以来,人类终于逐步认识到材料科学必须与人、社会、环境取得协调,不然全人类都将为此付出沉重的代价。不少国家已逐步以法律的形式把产品与人、社会、环境的协调确定为发展科技的国策。

1.4 设计材料的分类

在工业设计范畴内，材料是实现产品造型的前提和保障，是设计的物质基础。一个好的设计者必须在设计构思上针对不同的材料进行综合考虑，倘若不了解设计材料，设计只能是纸上谈兵。随着社会的发展，设计材料的种类越来越多，各种新材料层出不穷。为了更好地了解材料的全貌，可以从以下几个角度来对材料进行分类。

1. 按材料的来源分类

第一代的天然材料：不改变其在自然界中所保持的状态，或只施以低度加工的材料，如木材、竹材、棉、毛皮、石材等（图 1-13）。



图 1-13 天然材料（竹、木、皮毛、石）

第二代的加工材料：利用天然材料经不同程度的加工而得到的材料，加工程度从低到高，有人造板、纸、水泥、金属、陶瓷、玻璃等（图 1-14）。

第三代的合成材料：利用化学合成方法将石油、天然气和煤等原料进行制造而得到的高分子材料，如塑料、橡胶、纤维等（图 1-15）。



图 1-14 加工材料（金属、玻璃）

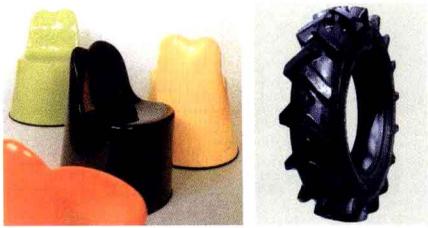


图 1-15 合成材料（塑料、橡胶）

第四代的复合材料：用各种金属和非金属原材料复合而成的材料（图 1-16）。

第五代的智能材料或应变材料：随环境条件的变化具有应变能力，拥有潜在功能的高级形式的复合材料。图 1-17 为“花火”灯，灯罩是有热感应的记忆合金，温度一开始升高，“花”就会开始绽放。所以，亮灯的时间越长花也会开得越大。



图 1-16 复合材料

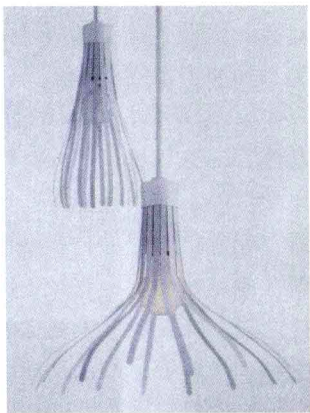


图 1-17 “花火”灯

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四大类，如下所示。



3. 按材料的形态分类

设计选用材料时, 为了加工与使用的方便, 往往事先将材料制成一定的形态, 我们把材料的形态称为材形。不同的材形所表现出来的特性会有所不同, 如钢丝、钢板、钢锭的特性就有较大的区别。钢丝的弹性最好, 钢板次之, 钢锭则几乎没有弹性; 而钢锭的承载能力、抗冲击能力极强, 钢板次之, 钢丝则极其微弱。

按材料的外观形态通常将材料抽象地划分为三大类:

(1) 线状材料(线材)

线材通常具有很好的抗拉性能, 在造型中能起到骨架的作用。设计中常用的有钢管、钢丝、铝管、金属棒、塑料管、塑料棒、木条、竹条、藤条等(图 1-18)。

(2) 板状材料(面材)

面材通常具有较好的弹性和柔韧性, 利用这一特性, 可以将金属面材加工成弹簧钢板产品和冲压产品; 面材也具有较好的抗拉能力, 但不如线材方便和节省, 因而实际中较少应用。各种材质面材之间的性能差异较大, 使用时因材而异。为了满足不同功能的需要, 面材可以进行复合, 形成复合板材, 从而起到优势互补的效果。设计中所用的板材有金属板、木板、塑料板、合成板、金属网板、皮革、纺织布、玻璃板、纸板等(图 1-19)。

(3) 块状材料(块材)

通常情况下, 块材的承载能力和抗冲击能力都很强, 与线材、面材相比, 块材的弹性和韧性较差, 但刚性却很好, 且大多数块材不易受力变形, 稳定性较好。块材的造型特性好, 本身可以进行切削、分割、叠加等加工。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(图 1-20)。



图 1-18 线状材料制作的椅子



图 1-19 板状材料制作的椅子

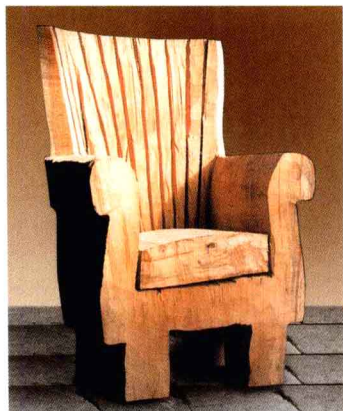


图 1-20 块状材料制作的椅子

1.5 设计材料的基本特性

任何设计均须通过材料来创造内容, 设计的结果由加工后的特定的材料得以保证, 设计在很大程度上取决于材料的固有特性。材料本身具有极为复杂的特性, 在探讨造型时, 设计师必须了解、掌握并正确评价材料特性, 从材料本身推演出产品所需的结构和形式, 能动地使用物质技术条件, 将材料特性发挥到最大限度。

1.5.1 材料特性的评价

正确掌握材料特性, 将材料特性发挥到最大限度, 是任何完美设计的第一原理, 是产品造型设计的重要原则。

材料特性包括两方面: 一是材料的固有特性, 即材料的物理特性和化学特性, 如力学性能、热性能、电磁性能、光学性能和防腐性能

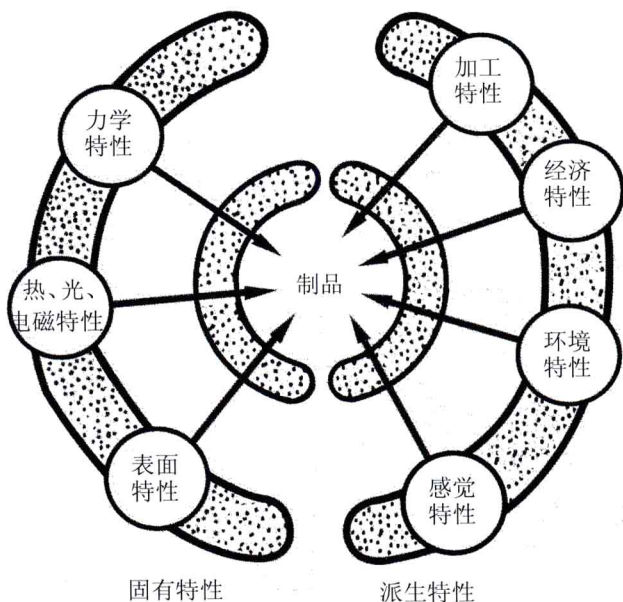


图 1-21 制品与材料特性的关系

等；二是材料的派生特性，它是由材料的固有特性派生而来的，即材料的加工特性、材料的感特性性和环境特性。这些特性的综合效应从某种角度来讲其决定着产品的基本特点。

如图 1-21 所示的是对这种关系的形象表示：

材料所呈现出的性能是材料内部结构的外在表现，受材料内部的微观结构所制约，这种内部结构只有用特殊的方法才能被观察到，它的变化通过材料性能变化被人们所感知，这就是我们对材料有“硬”与“软”、“脆”与“韧”、对某种环境“敏感”与“不敏感”的感性认识。材料内部结构的变化之多，甚至用“变化万千”都无法形容，因而材料的性能是多种多样的。图 1-22 是材料内部不同尺度结构示意图，它清晰地将物质形态从微观到宏观展现出来。从原子结构、晶体结构、显微结构、复合结构到工程部件，研究领域涉及纯科学（物理、化学、数学等）、材料科学、工程科学。经验告诉我们，宏观物体由微观物质组成，材料的宏观性能（包括热、电、磁、声、光等物理性能、化学性能、力学性能）是由微观结构所决定的。

材料特性的评价一般分两部分进行：一为基础评价；二为综合评价，如表 1-1 所示。基础评价是以单一评价因素进行评价，而综合评价是以组合的因素进行评价，是复合的、动态的评价。

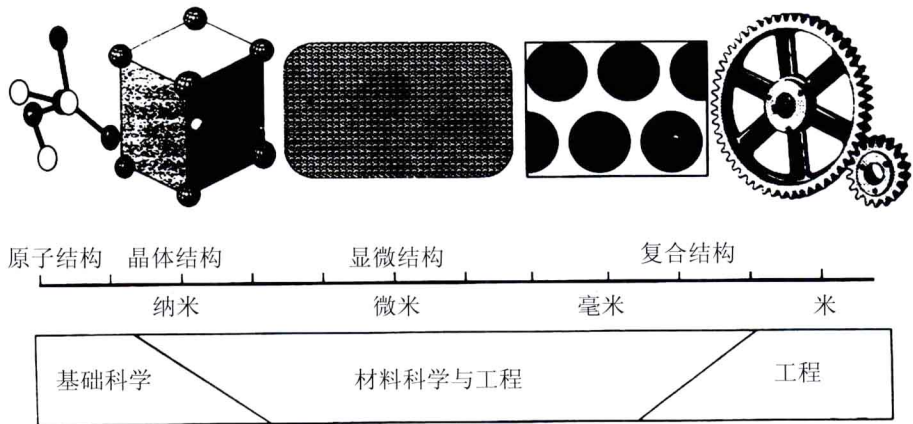


图 1-22 材料内部不同尺度结构示意图

表 1-1 材料特性的评价

评价类型			评价因素
基础评价	物质评价		组成、结构、密度、形态、组织等
	性能评价	物理性能	机械性能（强度、弹性等） 热性能（热膨胀、热传导、耐热性等） 电磁性能（导电性、导磁性等） 光学性能（颜色、反射率、偏光率等）
		化学性能	耐酸性 耐碱性 耐臭氧性
	综合评价		寿命、耐环境性、可靠性、安全性等

1.5.2 材料的固有特性

材料的固有特性是由材料本身的组成、结构所决定的，是指材料在使用条件下表现出来的性能，它受外界条件（即使用条件）的制约。

1. 材料的物理性能

(1) 材料的密度

材料的密度是材料单位体积内所含的质量，即材料的质量与体积之比，即

$$\rho =M/V$$

式中， ρ 为材料密度，单位为 kg/m^3 ；

M 为材料的质量, 单位为 kg;

V 为材料的体积, 单位为 m^3 。

(2) 力学性能

①强度: 指材料在外力(载荷)作用下抵抗塑性变形和破坏作用的能力。材料抵抗外力而产生明显塑性变形的能力称为屈服强度。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。

由于外力作用方式不同, 材料的强度可分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度等。

②弹性和塑性: 弹性是指材料受外力作用而发生变形, 外力除去后能恢复原状的性能。这一变形称为弹性变形。材料所承受的弹性变形量愈大, 则材料的弹性愈好。塑性指在外力作用下产生变形, 当外力除去时, 仍能保持变形后的形状, 而不恢复原形的性能。这一变形称为永久变形。永久变形量大而又不出现破裂现象的材料, 其塑性较好。

③脆性和韧性: 脆性是指材料受外力作用达到一定限度后, 产生破坏而无明显变形的性能。脆性材料易受冲击破坏, 不能承受较高的局部应力。韧性是指材料在冲击荷重或振动荷载下能承受很大的变形而不致破坏的性能。

脆性和韧性是两个相反的概念, 材料的韧性高则意味其脆性低; 反之亦然。

④刚度: 指材料在受力时抵抗弹性变形的能力, 常以弹性模量(应力与应变之比)来表示, 刚度是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标。材料抵抗变形的能力越大, 产生的弹性变量越小, 材料的刚度越好。

⑤硬度: 指材料表面抵抗塑性变形和破坏的能力, 材料硬度值随试验方式不同而异。

⑥耐磨性: 耐磨性的好坏常以磨损量作为衡量标准的指标。磨损量越小, 说明材料耐磨性越好。

(3) 热性能

①导热性: 指材料将热量从一侧表面传递到另一侧表面的能力, 通常用导热系数来表示。导热系数大, 是热的良导体, 如金属材料; 导热系数小, 是热的绝缘体, 如高分子材料。

②耐热性: 指材料长期在热环境下抵抗热破坏的能力, 通常用耐热温度来表示。晶态材料以熔点温度为指标(如金属材料、晶态塑料); 非晶态材料以转化温度为指标(如非晶态塑料、玻璃等)。

③热胀性: 指材料由于温度变化产生膨胀或收缩的性能, 通常用热胀系数表示。热胀系数以高分子材料为最大, 金属材料次之, 陶瓷材料最小。

④耐燃性: 指材料对火焰和高温的抵抗性能。根据材料耐燃能力可分为不燃材料和易燃材料。

⑤耐火性: 指材料长期抵抗高热而不熔化的性能, 或称耐熔性。耐火材料还应在高温下不变形、能承载。耐火材料按耐火度又可分为耐火材料、难熔材料和易熔材料三种。

(4) 电性能

①导电性: 指材料传导电流的能力。通常用电导率来衡量导电性的好坏。电导率大的材料导电性能好。

②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, 材料电绝缘性好; 击穿强度越大, 材料的电绝缘性越好; 介电常数愈小, 材料电绝缘性愈好。

(5) 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。按磁化程度分为:

铁磁性材料——在外加磁场中, 能强烈被磁化到很大程度, 如铁、钴、镍等。

顺磁场材料——在外加磁场中, 只是被微弱磁化, 如锰、铬、钼等。

抗磁性材料——能够抗拒或减弱外加磁场磁化作用的材料, 如铜、金、银、铅、锌等。

(6) 光性能

材料对光的反射、透射、折射的性质。如材料对光的透射率愈高, 材料的透明度愈好; 材料对光的反射率高, 其表面反光强, 则称为高光材料。

2. 材料的化学性能

材料的化学性能指材料在常温或高温时抵抗各种介质的化学或电化学侵蚀的能力, 是衡量材料性能优