

产品造型材料与工艺



程能林

主编



北京理工大学出版社

产品造型材料与工艺

程能林 刘长英

王铁桩 姜柏青

钱平吉 编

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书根据1988年6月高等工业学校《工业造型设计》专业教学指导小组讨论通过的《产品造型材料与工艺》编写大纲而编写。书中主要内容为产品造型设计中常用材料的组成(金属、塑料、陶瓷、玻璃、木材、涂料、胶粘剂等)、性能及应用等基本知识,同时还简要介绍了金属及部分非金属材料的一般加工成型和表面处理、涂饰及镀饰工艺。

本书可作为高等院校《工业造型设计》专业的教材,也可供设计类有关专业及从事产品造型设计的人员参考。

产品造型材料与工艺

程 能 林 主编

*

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 12.875印张 333千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷

ISBN 7-81013-402-7/TB·10

印数: 1—4,000册

定价: 4.20元

出版说明

工业设计是在人类社会文明高度发展过程中，伴随着大工业生产的技术、艺术和经济相结合的产物。

工业设计从 William Morris 发起的“工艺美术运动”算起，经过 Bauhaus 的设计革命到现在，已有百余年的历史。世界各先进工业国家，由于普遍重视工业设计，因此极大地推动了工业和经济的发展与社会生活水平的提高。尤其是近几十年来，工业设计已远远超过工业生产活动的范围，并形成成为一种文化形式。它不仅在市场竞争中起决定性作用，而且对人类社会生活的各个方面产生着巨大的影响。工业设计正在解决人类社会现实的与未来的问题，正在创造、引导人类健康的工作与生活，并直接参与重大社会决策与变革。

工业设计的方法论，包括有三个基本问题：技术与艺术的统一；功能与形式的统一；微观与宏观的统一。在设计观念上，传统的“形式追随功能”已由于人的需求日益受到重视，并且由于在设计中能够运用多学科的知识，功能的内涵已经大为扩展，设计更具生命力，更加多样化，日益体现了“形式追随需求”的直接反映生活意义的倾向。人性是人的社会性和自然性的统一，人类在创造“人-社会-自然”的和谐发展中，创造了崭新的生活方式和生存空间。所有这些，都体现出了以“人为核心”的设计价值观。

人才是国力，设计人才创造了设计世界；飞速发展的经济，必然伴有工业设计教育的长足进步。

《工业造型设计》专业教学指导小组成立于1987年10月。专业教学指导小组的任务之一是：研究专业课教材建设中的方针政策问题，协助主管部门进行教材评优和教材使用评介工作；制订教

材建设规划，组织编写、评选教材。根据这一任务，教学指导小组制定了“七五”教材出版规划。在各院校的共同努力下，编写了以下教材：“产品造型材料与工艺”（主编程能林）；“人机工程学”（主编丁玉兰）；“视觉传达设计”（主编曾宪楷）；“工业设计史”（何人可编）；“造型基础”（主编张福昌）；“产品造型设计”（主编高敏）；“工业设计方法学”（主编简召全）。

这套教材是以工科院校的工业设计专业为主要对象编写的，也考虑了按艺术类招生学校的教学要求，并由有这方面教学经验的教师担任主编。因此基本上能满足我国现今工业设计教育的要求。本书也可供企业中从事设计工作的人员学习参考。

在本书的编写过程中，我们取长补短、互相交流、团结合作。每位编者都付出了极大的艰辛，按照推荐教材的要求努力在辨证唯物主义和历史唯物主义思想的指导下，认真贯彻理论与实践相结合的方针，努力提高教材的思想性、科学性、启发性、先进性和适用性，力求反映工业设计的先进水平，提高教材的质量。

本教材的出版，解决了设计教育中急需教材的有无问题。在“八五”教材规划中，我们还要继续努力，以求进一步扩大教材的品种和提高教材的质量。最后，应当感谢机电部教材编辑室和北京理工大学出版社，是在他们的帮助和支持下，这套教材才得以和广大读者见面。

高等工业学校《工业造型设计》
专业教学指导小组组长 简召全

1991年4月

前 言

材料的种类繁多,其用途则极为广泛。材料一直是人类赖以生存和社会得以发展的不可缺少的重要组成部分。设计与材料的关系更是十分密切,二者不可分割。材料通过设计赋与其真正的附加价值,设计也只有通过材料才能实现为人类造福的宗旨。因此,自古以来,在人造物的实践活动中,材料的历史既反映了人类社会的发展史,而它自身也是一部设计史。人类在认识和使用材料的漫长岁月中,无非是将材料的实用性和美学上的吸引力,经过造型设计转变为社会生产和生活中的实际应用,从而改变人们的社会环境、生活方式和文化价值观念;提高人们的生活质量,满足人类物质文明和精神文明的需要;并由此推动着历史的进程。

本书是根据1988年6月高等工业学校工业造型设计专业教学领导小组讨论通过的《产品造型材料与工艺》教材编写大纲进行编写的。内容分为两部分:第一部分简要介绍产品造型设计中涉及的各种材料,有金属、塑料、陶瓷、玻璃、木材、涂料、胶粘剂等。了解与掌握材料的性能、组成和用途,以及选择材料时如何考虑造型设计的要求,可为选材提供参考依据。这部分内容按造型专业要求,深入浅出,通俗易懂,不过多涉及有关专业理论。第二部分主要介绍金属材料及非金属材料的加工成型工艺,造型材料的表面处理与精饰,学习的目的是与实际的产品造型活动紧密结合,达到学用一致。

本书作为工业造型设计专业的适用教材,它与本专业的其它课程,如《造型设计基础》、《模型制作》、《产品造型设计》等有

着密切的关系，在教学过程中应尽可能有机地配合，并通过实际的造型训练和设计加深对本教材的理解。由于各高等学校工业设计专业课程设置的要求及侧重面有所不同，对本教材的内容可作适当的调整与选择。

本书由湖南大学程能林主编。第一章及第三章第二、三、四节由程能林编写；第二、五章由哈尔滨科学技术大学刘长英编写；第四章由北京理工大学王铁桩编写；第六章及第三章第五节由湖南大学姜柏青编写；第三章第一、六节由上海交通大学钱平吉编写。全书由重庆大学高敏主审。

由于编者水平所限，对于书中不当之处，敬请读者批评指正。

编者

1989年12月

目 录

第一章 概论

§1-1 材料与设计·····	1
§1-2 材料的分类·····	4
§1-3 材料的一般性质·····	7
§1-4 造型材料应具有的特性·····	11
§1-5 材料科学技术的发展·····	13

第二章 金属材料

§2-1 金属材料的基本知识·····	15
§2-2 钢铁材料·····	43
§2-3 铝及铝合金·····	63
§2-4 其它金属材料·····	70
§2-5 金属材料在造型设计中的应用·····	76

第三章 非金属材料

§3-1 塑料·····	79
§3-2 陶瓷·····	122
§3-3 玻璃·····	130
§3-4 木材·····	138
§3-5 涂料·····	154
§3-6 胶粘剂·····	181

第四章 金属材料的成型工艺

§4-1 铸造工艺·····	192
§4-2 压力加工技术·····	200
§4-3 金属与金属的连接·····	264

第五章 非金属材料的成型工艺

§5-1 塑料成型加工工艺·····	278
--------------------	-----

§5-2	木材成型加工工艺.....	323
§5-3	陶瓷成型加工工艺.....	335
§5-4	玻璃成型加工工艺.....	342
第六章 造型材料的表面处理		
§6-1	表面处理概述.....	353
§6-2	前处理	361
§6-3	涂饰	379
§6-4	镀饰	390
§6-5	铝及其合金的阳极氧化工艺.....	399
参考书目		403

第一章 概论

§1-1 材料与设计

广义地说材料是指包括人们思想意识之外的所有物质；或者说它是一种跨越人类时代的物质。具体地说材料是人们用以作为物品的物质，或是人们拥有的物质设备，如结构件、机器装置、工具、用具、衣着、装饰品等衣、食、住、行所不可胜数的各种产品。材料必须具有恰当的性能(具有能够满足人类生存和发展需要的功能)和经济可用性。因为人们要生活，就要永远地改变他的周围环境，将大自然所赋与的材料加以改造，以满足人的需要，包括一切生理上及精神上的需要。在人和其周围环境之间，通过材料进行有目的地人造物的活动，产生一种新的相互关系，从而推动物质生产，促进社会文明的进步。

何谓设计，具体地说设计是一种造型计划，造型行为或者造型活动，是指人们在生产中有意识地运用工具和手段，将材料加工塑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的或具有商品性的物质。由此可见，设计和材料是紧密不可分割的。正因为设计是一种人造物的活动，设计才离不开材料。设计师应熟练掌握材料、加工技术和形体之间的配合，并合理和有效地使用各种不同的材料，从经济、实用、美观的需要出发，设计出新的产品，使材料被加工塑造成人们真正用作物品的物质，给人们以物质和精神的享受。这些只有通过设计师之手才能赋与材料真正的价值。

人类总是不断而有效地利用各种各样的材料来制作器具，构

成一个人工的环境，目的是为了生活与生存。因此材料在人类的生活中一直占据着相当重要的地位。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，把握住给不同的材料以不同的造型。在人与周围环境之间，通过材料建立的相互关系，自有人类活动起就有了历史的见证。例如在远古的石器时代，人类懂得通过研磨，用锋利并形状规整的石头制成匕首、斧头和枪尖等，以此作为工具和自卫武器。尽管简陋和粗糙，加工的形状却是人们所希望和需要的，这是人类发展史上划时代的大事。后来出现了焙烧陶器，即利用塑性好的粘土，通过烧结而发明了制陶术。如西安半坡出土的体积大小不等，形态多样的完整陶器都反映出各种造型所具有的特定功能。在青铜器时代，铜冶炼技术有了发展，利用青铜(红铜与锡的合金)的熔点较低、硬度高、便于铸造的特性，制作成食器、酒器、装饰品和兵器。如河南安阳晚商遗址出土的司母戊鼎，随县出土的战国初期64个青铜编钟，雄伟壮丽，制作精细，反映出当时的生产工艺水平和造型风格，也反映出当时的社会文化，生活环境和生活方式。到了铁器时代，由于铁矿丰富，分布较广，铁的硬度和韧性较高，出现了以铁为主的一系列金属和合金材料。铁成了“民众的金属”，被用以制作各种手工艺器具、家庭器皿、农业生产工具以及武器等，使人类的生产力获得了巨大发展，并由此给社会制度带来了深远的变化。在这一时期，通过对材料性能、工艺和使用特性等的长时间应用和研究，在材料的造型上发展了材料的实用性以及美学上的吸引力，从而逐步实现了实用和审美的结合，功能和形式的统一。到了18世纪的英国产业革命(即工业革命)时期，制造技术和机械生产的社会化程度有了很快的发展，这进一步为机器大工业生产准备了物质技术条件，即由初期依赖手工业生产的产品转向以机器为手段的大批量地生产同一类产品。此时的设计已由手工设计逐步转向工业设计，设计过程中对材料的研究也由以单一

制作为目标的工艺品的材料转向以批量生产产品的工业材料为主要内容。因为设计的产品在生产过程中必须要考虑到材料用以批量生产的可能性和加工成形的方法。

在产业革命之后设计经历了一段曲折的道路，即“为生产而生产”，虽机械化但很粗糙的产品泛滥于整个社会。具体表现在技术与艺术的分离（操作机器的人缺乏个人的创造力），粗制滥造的产品与人类的社会文化不协调，新材料、新工艺与产品造型式样的不协调。在这一时期相继出现了莫里斯的否定机器生产，恢复传统工艺的工艺美术运动；以比利时、法国为中心的追求形式主义的新艺术运动，都从侧面反映出工业化生产不应该与艺术割裂开，即主张技术与艺术应当协调。1907年德国工业联盟主张利用机械化批量生产，制造出功能和美感两者皆有的设计产品，预言工业化时代的工业产品都将随之新材料、新工艺的产生，对造型设计提出更高的要求。1919年德国格罗佩斯（Walter Gropius）创办的包豪斯学校，提出艺术与科学技术的结合，要求在工业技术的基础上追求美，从而解决了人们一直争论不休的工业产品的功能性和人们美感追求是否能够配合的问题。

以上对于设计史的简单回顾，是想由此说明无论是手工业时代的手工品的设计，还是工业时代的工业品设计，它们都是要用新材料、新技术、新工艺去创造满足人们生活需要的用品，每一次新材料的出现又会给设计带来新的飞跃。例如由于钢铁、玻璃等新材料的应用出现了1851年英国国际博览会上的水晶宫，这种类似温室建筑的结构型式反映出新的工业材料创造出新的美学形式。本世纪60年代是高分子材料和染料工业发展的黄金时代，形成了当时人们对红、绿、黄色等流行色的狂热爱好，使人们深信美好的未来，从而改变了人们对于社会环境、生活方式和价值的观念，推动着历史的进程。

总之，材料早已成为人类赖以生存和生活的不可缺少的重要组成部分，人类社会的发展，科学和物质文化的进步也总是与新

材料的出现、使用和变动紧紧地联系在一起，并反映出人类在认识自然、改造自然及创造人造物方面的能力。从人类最初利用石头、树木、兽皮等天然材料进行形态加工，到陶瓷、金属的烧成，精炼材料的出现，乃至发展到今日有了塑料(合成材料)、机材料(复合材料)和新的感觉材料(知觉生物体材料)。从人们长时间对材料性能、工艺，使用特性等得到的经验性基础知识，转变到从材料内部结构进行的基础科学研究，从对材料的科学认识(材料的实用性和审美性)转变到在社会生产和生活中对材料的实际应用，恰好表明设计已经成为材料通过技术手段满足社会需要的纽带，这也符合设计通过材料实现为人类造福的宗旨。

§1-2 材料的分类

在浩瀚的材料世界中，如何对材料进行分类？以下从不同的角度介绍几种分类方法。

一、按材料的发展历史分类

1. 第一代的天然材料 主要指天然的石头、木材等。
2. 第二代的加工材料 指用矿物通过冶炼、烧结，制成金属和陶瓷材料。
3. 第三代的合成材料 指通过化学合成方法将石油、天然气和煤等原料制成高分子材料。
4. 第四代的复合材料 指用有机、无机非金属乃至金属等各种原材料复合而成的材料。
5. 第五代智能材料或应变材料 指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。

二、按材料的物理状态、化学性质及用途分类

1. 按材料的物理状态分类 自然界的物质在常温下存在的

状态有气体、液体、固体三类。工业上最经常使用的是固态材料，而一般很少直接使用气体，当然工业用气体如氢、氧、氮等以及电绝缘气体材料也可确定为工业材料；液态材料大都为有机材料如油脂、涂料等。

2. 按材料的化学结构分类 这有金属材料、无机材料、有机材料(包含高分子材料)。这种分类方法是依据于化学键的不同，如金属键、离子键、共价键在三种不同材料组成结构上的独特表现。有些材料，如半导体材料和磁性材料则介于金属材料与无机材料之间，至于有机材料则也逐渐从天然材料改用合成高分子材料。

3. 按材料的用途分类 根据各行业部门，如机械工业、电气工业、化学工业、土建工业、医用工业及农业等，则需选择符合特定要求的材料，如建筑材料、电工材料、结构材料、电子材料、研磨材料、光学材料、耐火材料、感光材料、耐腐蚀材料、包装材料等。这种分类作为社会上应用较为方便，但不够体系化。

三、按材料的来源、成分、状态、构造、形态及组合分类

1. 按材料来源分类

(1)天然材料 有以下四类。

矿物：石材(岩石、砂)、粘土、矿石、化石、宝石、熔岩、火山灰、陨石、金属、大理石、水晶、煤、金刚石、硫黄、金砂矿等。

大气、海水：空气、水蒸气、水、冰、海水。

动物质：皮(皮革)、毛(毛皮)、羽毛、骨、毛发、角、牙、油脂、分泌物、甲壳等。

植物质：根、叶、果实、茎、树皮、花、分泌物、藤蔓(木、草、竹、藤、稻草、漆、麻等)。

(2)加工材料 有纸、混凝土、合板、木棉、颜料、绢等。

(3)合成材料 有塑料、橡胶、硅酸盐、合成纤维等。

2. 按材料成分分类

(1) 有机材料 主要指塑料、橡胶、有机纤维(皮、木材、羽毛、草)等。

(2) 无机材料 主要指金属、硅酸盐、玻璃(石材、粘土、宝石)等。

(3) 复合材料 有玻璃纤维增强树脂等。

(4) 其它材料 主要指元素有机物、有机配合物、炭素石墨、金刚石、碳纤维等。

3. 按材料状态分类

(1) 按原有的状态或伴随有变化使用的材料 这主要有焊锡、粘合剂、涂料、香水、萘等。

(2) 气体材料 这主要指空气、天然气、液化气、氨、氮、水蒸气等。

(3) 液体材料 这主要指溶液、乳液、悬浊液、粘液(油、涂料、油墨、洗涤剂)等。

(4) 固体材料 有多种多样, 以下详述。

4. 按材料构造分类

(1) 晶质材料 单晶体, 如金刚石、岩盐等; 多晶体, 如金属、陶瓷等。

(2) 非晶质材料 有玻璃、橡胶等。

(3) 晶质与非晶质混合材料 有塑料、陶瓷等。

5. 按材料形态分类

(1) 一次元材料 有丝棉、纤维、中空纤维、异形断面纤维等。

(2) 二次元材料 有胶片、薄板、膜、箔等。

(3) 三次元材料 有粉末、粒子、块、球体、厚板、棒、多孔体、中空球体、管等形态的材料。

6. 按材料组合分类

(1) 单一材料 有金属、塑料等。

(2) 复合材料 有以下五类。

粒子分散型(也含多孔体):指橡胶、聚氨酯发泡体等。

层构造型:如夹心面包状、层压品(人造板、涂装品、镀复)等。

筒构造型:如竹、木材、绳子等。

网构造型:指共聚体(ABS、SBR)等。

纤维构造型:如纤维增强复合材料等。

§1-3 材料的一般性质

一、密 度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,即

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度(kg/m^3);

m ——干燥材料的质量(kg);

V ——材料在绝对密实状态下的体积(m^3)。

绝对密实状态下的体积是指材料无孔隙时的体积,除钢铁、玻璃等少数材料可接近绝对密实状态外,绝大多数材料内部都有一定的孔隙。材料在自然状态下(包含孔隙)单位体积的质量称为视密度或容重。

二、熔 点

纯金属由固态转变为液态时的温度称为材料的熔点。工业上一般对于熔点低于 700°C 的金属称为易熔金属。合金的熔融则有一定的温度范围。熔点的高低对于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。高分子材料在热塑性时具有玻璃化转变(Glass Transition)温度 T_g ,在此温度以上则成为高粘度液体或橡胶状材料。结晶性塑料熔点 T_m (如聚四氟乙烯树脂)高于温度 T_g ,为 327°C 。热固性树脂无 T_g 或

T_m ，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。

三、比 热 容

将1克质量的材料温度升高1℃所需要的热量称为该材料的比热容，其单位为焦(耳)每千克开[尔文]，即 $J/(kg \cdot K)$ 。

一般无机建筑材料的比热容为 $0.18 \sim 0.22 \times 4.19 \times 10^3 J/(kg \cdot K)$ ，有机材料的约为 $0.4 \sim 0.6 \times 4.19 \times 10^3 J/(kg \cdot K)$ ，钢的比热容为 $0.115 \times 4.19 \times 10^3 J/(kg \cdot K)$ ，水的比热容最大，等于 $1.00 \times 4.19 \times 10^3 J/(kg \cdot K)$ 。材料的比热容随其含水率增加而增大。

四、热导率(导热系数)

材料中将热量从一侧表面传递到另一侧表面的性质称为导热性。具有单位厚度的材料，其相对的两个面上如果给予单位的温度差，则在单位时间内传导的热量称为热导率(或导热系数)，其单位为瓦[特]每米开[尔文]，即 $W/(m \cdot K)$ 。

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。材料的孔隙度愈高，则导热性愈低；材料的含水率增大，则导热性提高。

五、热 胀 系 数

材料由于其温度上升或下降会产生膨胀或收缩，此种变形如果是材料上两点之间的单位距离在温度升高1℃时的变化来计算即称为线胀系数；如果是物体的体积变化来计算则称为体胀系数。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。表1-3-1所列常用工业材料的热导率与线膨胀系数(室温条件)。