

## 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，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。在各院校共同努力下，编写了以下教材：《产品造型材料与工艺》（程能林主编）；《人机工程学》（丁玉兰主编）；《视觉传达设计》（曾宪楷主编）；《工业设计史》（何人可编）；《造型基础》（张福昌主编）；《产品造型设计》（高敏主编）；《工业设计方法学》（简召全主编）。

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辩证唯物主义

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，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

## 再版前言

《产品造型材料与工艺》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工业设计专业“七五”规划的统编教材，于 1991 年 6 月出版。前后共进行了九次印刷，至 2006 年 3 月，共发行 33 500 册。这说明此书无论从设计专业大纲的要求和内容的编写上都是一本深受高等学校设计学科欢迎的适用教材。但是经过十五年的反复使用，从时间上看，从工业设计专业的教学要求和设计人才的知识结构上看，从设计材料的不断更新上看（新材料、新工艺的出现必然会给设计带来新的形式特征），都跟不上设计专业的形势发展需要，也滞后于设计教学的要求。因此有必要对本书进行部分修订并加以说明。

《产品造型材料与工艺》的内容是按照当时工业设计教学指导组的要求编写的，根据当时限定在工科院校设计专业教学计划和要求，其前续课程还有金属工艺学、电工学、机械设计基础和机械制图等，如今基本上都没有了。而且，目前近 230 所高等院校的设计专业均包含有艺术设计或设计艺术类，以文科为主，文理兼招，除产品设计的方向外，更多的内容涉及以视觉为主的如包装装潢、室内外广告、展示、服装、玩具、动画、环境设计等方向。专业设置的内涵和侧重面，人才知识结构的改变均要求对原有设计材料课程的内容作相应的调整。基于以上种种变化，本书在修订中除保持原有的结构体系外，着重介绍一些设计与人造物质形态的关系，设计与合理选择材料的关系，增加一些设计材料的最基础、最实用的知识，提供一些选材时便于查阅的参考数据或指南，淡化各类材料的专业基础理论和工艺过程，深入浅出，通俗易懂，达到学用一致。由于金属材料和非金属材料加工工艺两章在工业设计教学中是非常重要的部分，但是又属于工程设计的二次物化的内容，在教学中可以根据本校专业的特点和要求作适当选择，不一定作重点介绍。

本书再版时的参编人员有所调整，本书由湖南大学程能林教授主编。第一章、第三章的第一、二节、第六章由程能林教授编写，第二章、第四章由北京理工大学王铁桩教授编写，第三章第三至第七节、第五章由哈尔滨理工大学刘长英教授编写。

限于编者水平，书中不妥和错误之处仍在所难免，诚请广大读者批评指正。

编者

# 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。材料通过设计赋予其真正的附加价值；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指导小组讨论通过的《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、胶黏剂等。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，达到学以致用。

本书作为工业造型设计专业的适用教材，它与本专业的其他课程，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造型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教授主编。第一章及第三章第二、三、四节由程能林教授编写；第二、五章由哈尔滨科学技术大学刘长英教授编写；第四章由北京理工大学王铁桩教授编写；第六章及第三章第五节由湖南大学姜柏青教授编写；第三章第一、六节由上海交通大学钱平吉教授编写。全书由重庆大学高敏教授主审。

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

<b>第一章 概论</b>	<b>1</b>
第一节 天然物质形态与人造物质形态	1
第二节 设计的非物质性与物化意识	2
第三节 材料与设计	3
第四节 材料的分类	5
第五节 材料的一般性质	8
第六节 设计材料应具有的特性	11
第七节 材料科学技术的发展	13
思考题	15
<b>第二章 金属材料</b>	<b>16</b>
第一节 金属材料的基本知识	16
第二节 钢铁材料	28
第三节 铝及铝合金	36
第四节 其他金属材料	40
第五节 金属材料在设计中的应用	44
思考题	46
<b>第三章 非金属材料</b>	<b>47</b>
第一节 塑料	47
第二节 高分子复合材料	74
第三节 陶瓷	79
第四节 玻璃	83
第五节 木材	86
第六节 涂料	90
第七节 胶黏剂	103
思考题	109
<b>第四章 金属材料的成型工艺</b>	<b>110</b>
第一节 铸造工艺	110
第二节 压力加工技术	115
第三节 金属与金属的连接	143
思考题	150
<b>第五章 非金属材料的成型工艺</b>	<b>151</b>
第一节 塑料成型加工工艺	151
第二节 木材成型加工工艺	169

第三节	陶瓷成型加工工艺	175
第四节	玻璃成型加工工艺	179
第五节	材料的快速成型技术	183
	思考题	191
<b>第六章</b>	<b>设计材料的表面处理</b>	<b>192</b>
第一节	材料表面处理概述	192
第二节	材料表面预处理	193
第三节	涂饰	199
第四节	镀饰	202
第五节	塑料的喷漆与电镀	204
	思考题	205
	<b>参考文献</b>	<b>206</b>

# 第一章 概 论

## 第一节 天然物质形态与人造物质形态

世界的本质是物质的，世界无限复杂的多样性都是物质的特定的具体形态。人类生活在两个世界之中，一个是与其他生灵共享的自然界，另一个是人类通过创造所缔造的文明世界。人类为了劳作与生存需要发明了工具和语言。工具使人类能够借助自然物增强自身的力量，延伸躯体的功能，是人类创造力的物化形态。语言的出现使人类能够相互交流，协同活动，构成人类社会，是人类在信息科学领域中最早的发明。其实，工具和语言都是人类意识活动的结果，语言是思想的直接现实，工具是思想的间接现实。我们至今享受的一切文明成果，都是人类创造发明的产物。

物质在哲学上的概念是指不依赖于人的意识而可以为人的感觉和意识所反映的客观存在（存在着的东西既包括物质的东西，也包括精神的东西）。物质既不能被创造，也不能被消失，具体的物质形态则处于永恒的产生与消失之中。世界是永恒运动的物质总体，时间和空间是物质的存在形式，意识是物质高度发展的产物。然而，人类现实生活中的物质形态却是具体的，如物质生产、物质生活、物质利益，通过人造的物质形态来满足人类的生存与生活的需求。

人造物质形态的概念是人类从物质世界中分化出来的概念，天然物质形态或自然物存在于自然之中，从宏观宇宙到微观世界，发生的所有变化全部依律自行，自动发生，自动发展，自动完成，处于永不停歇的创造出新之中。在人与自然的关系中，自然是第一的、非派生的、原始的存在物。人是自然界演化过程中产生的一种最高级的生命体，是自然界的一部分，是同一性的。但是，人的秉性又不同于自然界，作为一种生命体，在本质上与石头、空气、山水或草木的存在是不同的，表现出一种活动性的自然存在。这就是人类不仅具有生存本能的自然之力，还具有有意识的生命的活力，能够意识到自我存在的，是世界上唯一说出“我”的存在物。正因为如此，人类不只是适应自然环境，而且成为与自然界始终处于对立的主体。决心以自己的创造性行为改变世界。人类总是要向自然界挑战，使自然趋于人类化，人类改造自然界就在于创造人造物质形态。正如德国哲学家黑格尔说过：“如果谈到本领，最杰出的艺术本领就是想象，它从实际所提供的材料中创造出第二自然。”所谓第二自然就是人类劳动创造的今天的生活环境，就是设计的世界，人为的世界。

人造物质形态与天然物质形态是不同的，天然物质形态是不依赖于人类而自行存在和发展的，即使人类消失后，仍然按其固有形态和规律存在和发展。如星系、恒星、行星、江河、海洋、矿物、动植物、原始森林、分子、原子、基本粒子等。这些在人类诞生前就存在着，非人为变革所致。人造物质形态是物质世界本来没有的，纯属人为变革某些天然物质形态而创造出来的。从原始人最初打造的石刀、石斧到现今的钢刀、利刃；从古代原始的弓箭到今日的火箭、飞船；从古代的一叶方舟到今日的万吨巨轮；从古代的宫廷雅殿到今日的摩天大楼；从秦王朝的铜车马到今日的高速磁性悬浮列车等都是人类有目的的

创造。人造物质形态依赖于人类而存在，依赖于人类而发展，与人类同命运，共存亡。所以说人造物的设计活动是人类以地球、生命、历史、人类智慧为依据的对未来的想象，是人的本质力量的体现。人的本质就是“自由的、有意识的活动”，表现出人类的意志和愿望，使更多的“自在之物”转化为“自我之物”。所谓“人化的自然”，就是指人类在劳动实践中将自己的本质力量外化于自然，使自然人化、物化的过程。

其实，人类生存的物质世界，不管肉眼看得见或看不见的都可以用“物质”来概括。“有物混成，先天地生”中的“物”字，在1993年湖北荆州出土的老子《道德经》中却是一个“状”字，说明古代的“物”与“状”两个字是相通的。有物就有形，有形就有状，既有现实、可视的形状，也有非现实、不可视的形状。物或形状的广延属性作用于人的肉体，物或形状的思维属性则作用于人的心灵。人活在世界上就要不断地进行造物活动（包括有形的和无形的物），不断地改变物体的形状和位置（其实人的自身形状和位置也在不断地改变着），这种过程就是人类赖以生存的设计活动。

总之，有了人类就有了设计，有了设计就开始了文明，有了文明也就有了文化。人类文明的发展史也可以认为是人类利用材料资源和挖掘材料资源的历史。人类文明阶段是按石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代来划分的，反映了材料（人造物）对于人类文明发展的重要作用。日本学者宫原一夫认为：文明就是人类的生活或活动脱离原始的、自然的状态，是人造物增多的阶段。美国人类学者福尔森认为：文化是一切人工产物的总和，包括一切由人类发明并由人类传递后代的器物的全部及生活的习惯。包豪斯设计学校（Bauhaus, 1919—1933）的创始人，第一任校长瓦尔特·格罗佩斯（Walter Gropius, 1883—1969）曾对设计的问题说过一段富有启发性的谈话：“一般说来，设计这一字眼，包容了我们周围的所有物品，或者说，包容了人的双手创造出来的所有物品（从简单的日常用具到整个城市的全部实施）的整个轨迹”。

## 第二节 设计的非物质性与物化意识

关于“非物质”的提法，是相对于“物质”而言的。西方当代伟大历史学家，一个曾经提出了反叛性观点的无可争议的革命者汤因比（Arnold Toynbee）写到：“人类将无生命的和未加工的物质转化成工具，并给予它们以未加工的物质从未有的功能和样式。功能和样式是非物质的：正是通过物质，它们才被创造成非物质的。”“非物质”不是物质，但是与“物质”又是一种相辅相成的关系，没有物质作基础，也就没有非物质的“功能和形式”。有物质才有非物质，前者解决人类的生存问题，实现人的生存价值；后者解决人类的享受问题，实现人的享受和自我表现的价值。一句话，随着时代的进步，随着“形式”的非物质化和“功能”的超级化，逐渐使设计脱离物质层面，向纯精神的东西过渡。因此，非物质性可以视为我们这个现实世界的一个全新的特征，通过非物质性的设计，为人类不断创造出一个和谐、美好的生活方式。

如此看来，设计学科是研究非物质的，是研究形态的生成、变换与感受的学科。设计的世界其实就是一个人造物的世界，是一个“人为的世界”。人类创造的人造物，不是“物”的本身，是创造出能够满足人类自身需要的功能和样式的，这种追求是人类创造人造物的最初出发点和动力。需要的多样化，引

起人造物的多样化，工业设计恰好是人造物目的性的具体体现。正如马克思说过：一件衣服由于穿的行为才现实地成为衣服；一间房屋无人居住，事实上就不成其为现实的房屋；因此，产品不同于单纯的自然现象，它在消费中才证实自己是产品，才成为产品。

当然，在人造物的活动中，单纯凭人的目的和需要还不够，因为人造物是对天然物质形态的某些事物进行加工改造，一定要对这些事物的结构、属性和规律有正确的认识，没有这种科学意识，就无法正确设计出具有特定功能和样式的满足人们需要的人造物。从本质上看，人造物不过是人类科学意识的物化物。而且，一旦被物化出来，就变成了对象的客观存在，具有整体的结构和功能样式，具有自身内在的本质和规律，不再依赖于人的认识主体及其意识而存在。因为人造物不是人们随心所欲凭空创造出来的，而是以某种现存物质形态为“原料”，根据客观规律对这些形态进行加工、改造，重新组合的结果。这种人类劳动改造过的人为物质形态，由此而变成了客观物质性的东西。总之，所谓人造物即以某种物质形态为基础的，由科学意识物化的，能够满足人类需要的人为物质形态。目的性，科学意识的依赖，被改造的物质性三个本质特征集中体现出人造物的根本特征——人为性。

物化意识有三个基本的内容：①规定物化人造物预先设计的目的；②规定人造物的本质和结构；③规定对人造物合乎目的的加工制作。物化意识的直接目的是物化人造物，以满足人类和社会的需求。这种需求从设计的角度看，就是从人的需要出发，对人造物的实用、经济、美观做出价值判断。物化意识还表现出创造性，直接提供未来人造物的思想蓝图。就是说，在还没有人造物或人造客体以前，或者在物化人造物的实践活动之前，就事先在观念上提出生产的对象，把它们作为内心的图像，作为需要，作为动力和目标提出来。没有此物，先有此物的思想模式。其实，任何一项工程，先有工程设计；任何一件器具，先有器具的设计方案。人造物就是在物化意识所勾画的思想蓝图指引下，采用可能的原材料，选择一定的方法制造出来。当然，设计必须经过第二次物化（即批量生产），才能实现最终目标。虽然严格地讲第二次物化不属于设计的范畴，但是如果没有第二次的物化，设计则变得毫无意义，而这正是工业设计的基本要求。相反，艺术设计（创作）进行的是一次性物化，是不必考虑批量生产的。

### 第三节 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，将大自然所赋予的物质加以改造，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和生活方式，从而推动物质生产，促进社会文明的进步。

设计是人类按某种特定的目的进行有秩序、有条理的实践活动，是伴随着人类造物 and 创形而派生出来的概念。设计作为有意识的生命活动，表现出人在造物过程中的创造性，包含在一切人造物的形成过程之中，是谋求物与人之间更好

地协调，创造符合人类社会生理、心理需求的环境，并通过可视化表现达到具体化的过程。或者说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或具有商品性价值的物品。由此可见，设计和材料是紧密不可分割的，材料在产品设计中始终起着重要的作用，在现代高科技的世界里，材料往往是产品成功的关键，因为当代产品高性能化和可靠性的最关键的因素是材料。工程上所指的材料设计可定义为与应用有关的信息与知识预测，指导合成具有预期性能的材料。虽然材料属于化学学科范畴，但是可以为产品设计在选择最佳材料时提供所需的技术资料、数据和指南。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、加工工艺和形体之间的配合，注意新材料、新工艺的出现必然会给产品带来新的形式特征。从经济、实用、美观的需要出发，合理和有效地使用各种不同的材料，通过设计使材料被加工塑造成人们真正用作生活工具的物品或装饰品，给人们以物质和精神享受。这也是设计师从物品本身挖掘设计理念的过程，而且只有通过设计师之手才能赋予材料真正的价值。

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、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，即利用塑性好的黏土，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，而不是为需要而生产”，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着新材料、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，它们都是要以新材料、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形式反映出新的工业材料创造出新的美学特征。20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）、机能材料（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。

## 第四节 材料的分类

世界各国对材料的分类不尽相同，但就大的类别来说，可以分为金属材料、无机非金属材料、高分子材料及复合材料四大类。按材料的使用性能来看，可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料的使用性能主要是力学性能；功能材料的使用性能主要是光、电、磁、热、声等功能性能。从材料的应用对象来看，它又可分为信息材料、智能材料、纳米材料、新能源材料、建筑材料、航空航天材料等多种类别。以下再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。

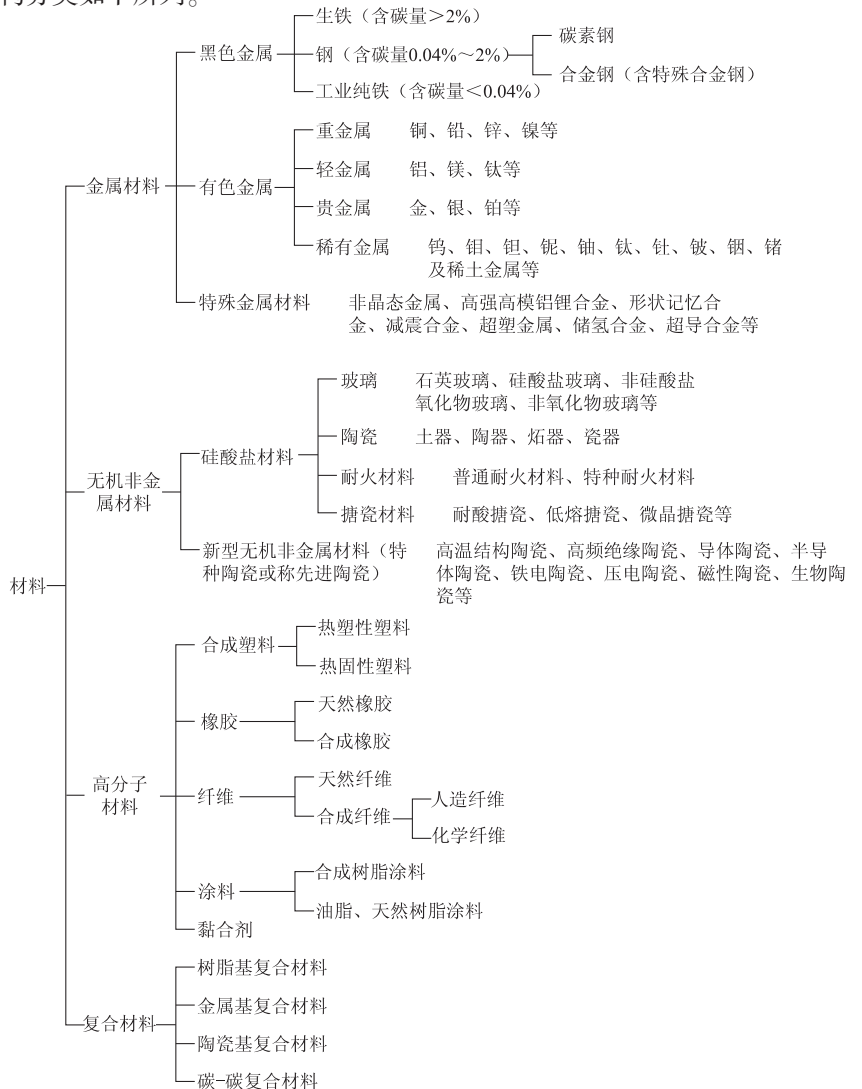
## 二、按材料的物理状态、化学性质及用途分类

### 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

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。按材料的物质结构分类如下所列。



### 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）、黏土、矿石、化石、宝石、熔岩、火山灰、隕石、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、麻等）。

② 加工材料：有纸、混凝土、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、黏土、宝石）等。

③ 复合材料：有玻璃纤维增强树脂等。

④ 其他材料：主要指元素有机物、有机配合物、碳素石墨、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、黏合剂、涂料、香水、萘等。

② 气体材料：主要指空气、天然气、液化气、氨、氦、水蒸气等。

③ 液体材料：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：有单晶体，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。

## 第五节 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  $\rho$ ——材料的密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$m$ ——干燥材料的质量 ( $\text{kg}$ )；

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积 ( $\text{m}^3$ )。

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  $700^\circ\text{C}$  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黏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  $327^\circ\text{C}$ 。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  $1\text{g}$  质量的材料温度升高  $1^\circ\text{C}$  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  $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

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

### 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  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

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，此种变形如果是以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 1-1 所列为常用工业材料的热导率与线膨胀系数（室温条件）。

表 1-1 常用工业材料的热导率与线膨胀系数（室温条件）

材料种类		热导率 /[ $4.19 \times 10^2 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$ ]	线膨胀系数 /( $10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )
金属材料	铜	0.941	16.5
	铝	0.53	23.5
	铁	0.18	11.5
高分子材料	尼龙	$6 \times 10^{-4}$	100
	聚乙烯	$8 \times 10^{-4}$	170
	聚氯乙烯	$3 \sim 4 \times 10^{-4}$	190
	聚苯乙烯	$2 \times 10^{-4}$	70
陶瓷	普通瓷器	$3 \sim 4 \times 10^{-3}$	3.0 ~ 3.5
	石英玻璃	$3 \times 10^{-3}$	0.5
碳质材料	人造石墨电极	0.25 ~ 0.36	平行挤出轴 0.5 ~ 5 垂直挤出轴 2 ~ 6

### 六、强度

材料在外力（载荷）作用下抵抗破坏的能力大小称为强度。材料抵抗外力破坏作用的最大能力称为极限强度。材料的强度根据外力作用的方式分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度等。

材料抗压、抗拉强度的计算式为

$$R = \frac{P}{F}$$

式中  $R$ ——材料的极限强度（单位为帕（Pa））；

$P$ ——材料破坏时的最大载荷（单位为牛（N））；

$F$ ——材料受力截面积（单位为平方厘米（ $\text{cm}^2$ ））。

### 七、弹性与塑性

在外力作用下材料产生变形，当外力除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愈大，则材料的弹性愈好。

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。材料的塑性用断面抗缩率 ( $\psi$ ) 和延伸率 ( $\delta$ ) 表示，即

$$\psi = \frac{\text{原断面积} - \text{拉断后断面积}}{\text{原断面积}} \times 100\%$$
$$\delta = \frac{\text{拉断后的长度} - \text{拉伸前的长度}}{\text{拉伸前的长度}} \times 100\%$$

## 八、脆性与韧性

材料所受外力达到一定限度后，突然破坏而无明显变形的这种性质称为材料的脆性。脆性材料在外力作用下出现破坏时，其荷载及变形值均较小。

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称为材料的韧性（或冲击韧性）。

## 九、硬度

硬度是材料抵抗其他物体压入自己表面的能力，反映出材料局部塑性变形的能力。不同的材料其硬度测定的方法也不相同。对于矿物可用一定硬度的物体去刻画它的表面，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各种材料的表面，通过测定压痕深度来测定材料的硬度。用以测定金属材料，塑料及橡胶等硬度的常用方法有布氏（J·A·Brinell）硬度法、洛氏（S·P·Rockwell）硬度法和维氏（G·S·Vickers）硬度法等。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，此为肖氏（Albert F·shore）硬度法。有时也可用钻孔、撞击等方法来评定材料的硬度。

## 十、耐磨性

材料对磨损的抵抗能力称为材料的耐磨性，可用磨损量表示。一般用在一定条件下试样表面的磨损厚度或体积（或质量）的减少来表示磨损量的大小。磨损量越小，耐磨性越高。磨损包括氧化磨损、咬合磨损、热磨损、磨粒磨损、表面疲劳磨损等。一般降低材料的磨损系数，提高材料的硬度均有助于增加材料的耐磨性。

## 十一、导电性与电绝缘性

导电性是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，材料导电性的量度为电阻率或电导率。

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

## 十二、材料的化学性能

材料的化学性能是指材料在常温或不同温度时的抵抗各种介质的化学或电化学侵蚀的能力，是衡量材料性能优劣的主要质量指标。它主要包括耐腐蚀性、抗氧化性和耐候性。耐腐蚀性是指材料抵抗周围介质腐蚀破坏的能力；抗氧化性是指材料在常温或高温时抵抗氧化作用的能力；耐候性是指材料在各种

气候条件下，保持其物理性能和化学性能不变的性质。如玻璃、陶瓷的耐候性好；塑料的耐候性差。

## 第六节 设计材料应具有的特性

### 一、感觉物性

白羽白性轻，白雪白性消，白玉白性贞，虽俱白，其性不同也。

——孟子

你见过大理石吗？这不过是钙，  
一种化学物质，纯粹的结晶块。  
但是，只要用手将它触摸——  
美，就像维纳斯一样飘然而来。

——俄罗斯诗人塞尔文斯基

感觉物性是指通过人的触觉和视觉对材料作出的综合印象。这种综合印象包括人的感觉系统因生理刺激对材料作出的反映，或者由人的知觉系统从材料表面得出的信息。这种质感包括有自然质感和人为质感。材料的感物性难以测量，有的异质同感，有的同质异感，材料的质感难有一个合适的评定标准，因此只能是相对比较而言。因为人们的经历、生活环境及地区、文化和修养、民族信仰及习惯等的不同，则对材料的生理感受和心理感受是不全相同的，所以对感觉物性只能作出相对的判断和评价。表 1-2 为各种材料的感物特性。

表 1-2 各种材料的感物特性

材料	感 觉 特 性
木材	自然、协调、亲切、古典、手工、温暖、粗糙、感性
金属	人造、坚硬、光滑、理恒、拘谨、现代、科技、冷漠、凉爽、笨重
玻璃	高雅、明亮、光滑、时髦、干净、整齐、协调、自由、精致、活泼
塑料	人造、轻巧、细腻、艳丽、优雅、理性
皮革	柔软、感性、浪漫、手工、温暖
陶瓷	高雅、明亮、时髦、整齐、精致、凉爽
橡胶	人造、低俗、阴暗、束缚、笨重、呆板

在产品设计中，对材料感物性的认识是非常重要的，如果能合理地运用和安排材料的感物性，将会给产品造型带来新的特色。例如木材具有温暖感，利用木材的天然纹理和芳香气味制作的家具给人以舒适美好和自然的感觉。天然大理石、花岗岩、麻石具有的美观、光洁，给人以稳重、雄伟、庄严的感觉，则多用于各种高档建筑、名胜古迹的修复、地铁、园林等公共场所建设。灰黑色的钢铁表面给人以单调沉闷之感，但经过化学处理得到的彩色不锈钢在保持同样金属光泽下却具有色彩鲜艳、柔和之感，可直接用于仪器仪表、家用电器及精密机械的制造上，外观效果是很好的。又如铝材表面作腐蚀、氧化、抛光、喷砂等处理后均可产生不同的质感和装饰效果，这说