



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

设计材料与 加工工艺

第二版

张锡 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

设计材料与加工工艺

第二版

.....
张锡 主编



化学工业出版社

·北京·

《设计材料与加工工艺》(第二版)是在2004年8月第一版的基础上,经过教学实践的应用与验证而修订的。本书是工业设计专业的一门必修课程。

本书从工业设计专业的教学特点出发,着重介绍了在工业设计实践中相关常用材料的发展、基本类型、基本属性、加工工艺等基本知识和应用案例。同时还从设计的角度就材料的感性属性进行了讨论。最后简要介绍了工业设计常用的模型材料及加工工艺。全书分为6个章节,内容包括:概论、金属、塑料、陶瓷与玻璃、木材、模型材料。每章后增加了思考题。

本书可作为高等院校工业设计、艺术设计等相关设计专业基础课的教材,也可作为高职高专等相关专业的教材,同时也可供广大的工业设计人员和相关的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

设计材料与加工工艺/张锡主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2010.9
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校教材
ISBN 978-7-122-09343-1

I. 设… II. 张… III. ①工程材料-造型设计-
高等学校-教材②工程材料-加工-高等学校-教材
IV. TB47

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第161889号

责任编辑:张建茹
责任校对:王素芹

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 彩插4 字数234千字 2010年9月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

序

化学是研究物质的变化和规律的一门学科。设计是研究形态或样式的变化和规律的一门学科。一个是研究物质，包括从采掘和利用天然物质到人工创造和合成的化学物质；一个是研究非物质，包括功能和形态的生成，变化及其感受。有物质才有非物质，有物才有形，有形就有状，物作用于人的肉体，形作用于人的心灵。前者解决生存问题，实现人的生存价值；后者解决享受问题，实现人的享受价值。一句话，随着时代的进步，为人类不断创造一个和谐、美好的生活方式。

其实，人人都是设计师，人们都在自觉或不自觉地运用设计，在创造或改进周边的一切事与物，并作出判断和决定。设计是解决人与自然，人与社会，人与自身之间的种种矛盾，达到更高的探索、追求和创造。通过设计带给人们生活的意义和快乐。尤其在当今价值共存、多样化的时代下，设计可以使“形”获得更多的自由度，使物从“硬件”转变成与生活者心息相通的“软件”，这就是“从人的需要出发，又回归于人”的设计哲理。有人说设计就是梦，梦才是设计的原动力。人类的未来就是梦的未来。通过设计可以使人的梦想成真，可以实现以地球、生命、历史、人类的智慧为依据的对未来的想象。

化学工业出版社《工业设计》教材编写委员会成立于2002年10月。一开始就得到各有关院校的热情支持和积极参与。大家一致认为，设计教育的作用是学生“懂”设计，而不只是“会”设计。这次确定的选题，许多都是自己多年设计教学实践的经验、总结和升华，是非常难能可贵的。经过编委会的讨论、交流、结合国内现有设计教材的现状，近期准备出版以下工业设计专业的教材或参考书：

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 《产品模型制作》(福州大学谢大康)； | 《工业设计概论》(中英双语)(北京航空航天大学黄毓瑜)； |
| 《产品设计原理》(深圳大学李亦文)； | 《设计图学》(中国地质大学李理)； |
| 《设计色彩学》(上海大学张宪荣、张萱)； | 《产品设计中的人机工程学》(东华大学王继成)； |
| 《基础设计》(福州大学谢大康，湖北美术学院刘向东)； | 《设计形态语义学》(上海理工大学陈慎任)； |
| 《设计符号学》(上海大学张宪荣)； | 《设计材料与加工工艺》(南京理工大学张锡)。 |
| 《网络化工业设计》(北京航空航天大学黄毓瑜)； | |

以上工业设计专业教材及参考书的出版力求反映教材的时代性、科学性与实用性，同时扩大了设计教材的品种及提高了教材的质量。最后，我代表编委会感谢化学工业出版社的大力支持和帮助，使这套系列教材能尽快地与广大读者见面。

《工业设计》教材编写委员会

主任 程能林

2003年7月5日

第二版前言

材料对于设计的重要性是毋庸置疑的。因为，离开了材料，设计就成了无源之水、无本之木。而今天人们对于材料的关注又超出了以往任何时候，其原因首先是信息时代社会经济的高速发展推动了材料科技的研发与成就；其次，现代社会的规范成为重要的推手，诸如要求尽量减少产品对环境的影响，产品可持续使用，产品必须具有轻质构造，减少产品的组分或零部件以及使产品的功能一体化等等，对产品材料的设计提出了更高的要求；再者，另一个重要的推手来自于市场，关注消费者的感性需求，既是成为设计材料与加工工艺发展与更新的重要动因，也是企业和品牌取得成功的必然环节。

苹果公司的首席设计师 Jonathan Ive (乔纳森) 在谈到其设计时就说“感受一个物体最大的部分是材质。我们试验并探索了各种材料，加工这些材料，了解它们的内在特性和如何将原材料制造成最终产品。比如说，准确地了解如何加工、打磨这些原材料。那种对材料和加工工序的了解程度和专注程度对我们的工作是必不可少的。”乔纳森的一番话道出了设计师掌握材料与加工工艺的重要性，也验证了苹果品牌在设计上成功的原因。

由此可见，《设计材料与加工工艺》作为供未来设计师教育使用的教科书，本书所承载的任务就越发显得重要。

本书自问世至今，已被国内多家高校设计专业采用。承蒙广大教师、学生和有关读者的厚爱使本书得以数次印刷发行。但随着科学技术的发展和设计学科研究领域的拓展与深入，原书的内容需要适时地更新与修订。

《设计材料与加工工艺》定位于设计类专业课程教材编写，根据这些专业的交叉性学科特点，以及目前在校学生的学科知识基础、学科教学的知识结构要求。设定本教材目标在于帮助读者认识材料及加工对产品设计的重要性，学习掌握典型材料的形成、特性、选用及制造等规律，并能运用到设计实践中去。

本次修订仍沿袭原有的结构，主要修订内容有：

- (1) 各章节更新或增加了部分案例图片及说明文字。
- (2) 充实调整内容，如第1章完善了材料定义的描述和设计材料工艺性的内容，增加低碳设计的部分；第2章对部分章节内容作了调整。
- (3) 对部分章节作了改写调整，如第6章的内容，并且增加了对数字化模型加工的内容介绍。
- (4) 所有章节均增加了思考题。

本书是在第一版基础上由张锡负责全书的修订与统稿。其他参加修订的人员有刘玮(第5章)、缪莹莹(第6章)，此外，缪莹莹、侯亚婧、袁丽娟参与了有关资料的整理收集，在此表示诚挚谢意。

由于作者的局限性，书中难免存在不足之处，敬请读者不吝指正。

编者
2010年7月

第一版前言

设计是人类的造物活动，造物离不开材料，人类通过对材料的运用制造了产品和工具，营造了适合自身生存发展的物化空间。因此，材料是人类活动的物质基础。从更深的意义理解，材料发展的历史就是人类发展的历史，所以历史学家把能体现一个时代特征的材料作为这个时代的文明象征。如青铜器时代，铁器时代。材料发展的历史同时也是人类设计发展的历史，每个时代出现的设计物都反映了这个时代材料、技术和加工工艺的最高水平。

从设计的角度来讲，对材料的运用过程即是对物质世界的认识过程，也是对人类自身的提升过程，人类需求的增加促使了设计对材料的探究，新材料的特性又使相应的加工技术和技艺得以产生和发展，同时“符合材料特性”的种种造型语言也相应形成。所以，对材料的理解力和表现力决定了设计师的创造能力。

人类的需求存在于物质和非物质的两个层面，因此，设计对于材料的认识也必须提升到文化的层面来进行。

现代科技发展使得对材料的研究和开发正从宏观走向微观；从定性、半定量走向定量；从传统材料转向复合材料、功能材料、智能材料和低维材料。材料生产的节能、省时、低耗、无公害越来越受到人们的关注，环境友好材料（也称绿色材料或环保型材料、健康型材料）正向人类走来。对于设计师来说这样的发展为设计打开了更加广阔的天空，同时更增添了一份对人类自身发展的责任与义务。

本书根据编者多年的教学与研究实践，特别是针对产品设计类专业的需求而编写，重点介绍了在工业设计实践中相关常用材料的发展、基本类型、基本属性、加工工艺等基本知识和应用案例。同时还从设计的角度就材料感性属性进行了讨论。最后简要介绍了工业设计常用的模型材料及加工工艺。全书深入浅出，通俗易懂，不过多涉及有差的专业理论，并通过大量的图片资料，加强了对材料的形象化认识，有利于读者对设计材料与加工工艺的理解与掌握。

本书由张锡任主编并编写第1、3、5章，李亚军编写第2、6章，段齐骏编写第4章。同时在编写过程中得到了南京理工大学设计艺术系师生的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者的水平和学识有限，书中难免存在缺点和不足之处，衷心期待读者批评指正。

编者

2004年5月

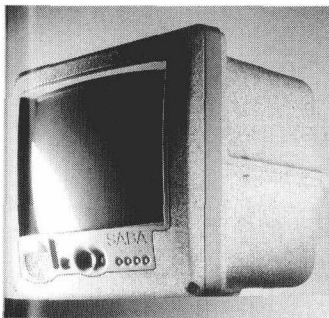
目 录

| | |
|----------------------------|-----|
| 第 1 章 概论 | 1 |
| 1.1 设计与材料概述 | 1 |
| 1.2 设计材料的发展 | 4 |
| 1.3 设计材料的几种分类 | 7 |
| 1.4 设计材料的性能与特性 | 10 |
| 1.5 设计材料的感性 | 19 |
| 1.6 设计材料的选择 | 32 |
| 思考题 | 34 |
| 第 2 章 金属及加工工艺 | 35 |
| 2.1 金属概述 | 35 |
| 2.2 金属材料的性能 | 36 |
| 2.3 金属材料的加工工艺 | 37 |
| 2.4 产品造型设计中常用的黑色金属 | 56 |
| 2.5 产品造型设计中常用的有色金属 | 62 |
| 2.6 金属材料在产品中的运用 | 67 |
| 思考题 | 70 |
| 第 3 章 塑料 | 71 |
| 3.1 塑料概述 | 71 |
| 3.2 塑料的基本性能 | 74 |
| 3.3 塑料成型加工工艺 | 77 |
| 3.4 产品设计中常用的塑料 | 92 |
| 3.5 塑料在工业设计中的应用 | 99 |
| 思考题 | 103 |
| 第 4 章 陶瓷与玻璃 | 104 |
| 4.1 陶瓷概述 | 104 |
| 4.2 陶瓷材料的基本性能 | 108 |
| 4.3 陶瓷的加工工艺 | 109 |
| 4.4 设计常用的陶瓷材料 | 114 |
| 4.5 陶瓷在设计中运用的实例 | 118 |

| | | |
|----------------------------|----------------------|------------|
| 4.6 | 玻璃概述 | 119 |
| 4.7 | 玻璃的基本性能 | 121 |
| 4.8 | 玻璃的加工工艺 | 122 |
| 4.9 | 工业设计中常用的玻璃材料 | 125 |
| 4.10 | 玻璃材料在设计中的运用 | 128 |
| | 思考题 | 131 |
| 第5章 木材及加工工艺 | | 132 |
| 5.1 | 木材概述 | 132 |
| 5.2 | 木材的基本性能 | 134 |
| 5.3 | 木材的成型工艺 | 137 |
| 5.4 | 产品设计中常用的木材 | 145 |
| 5.5 | 木材在设计中的应用实例 | 149 |
| | 思考题 | 152 |
| 第6章 模型材料性能与工艺 | | 153 |
| 6.1 | 产品模型与模型材料概述 | 153 |
| 6.2 | 模型材料的性能及模型制作技法 | 157 |
| 6.3 | 模型制作的粘接及表面处理材料 | 170 |
| 6.4 | 产品模型制作新技术 | 174 |
| 参考文献 | | 177 |

第1章

概 论

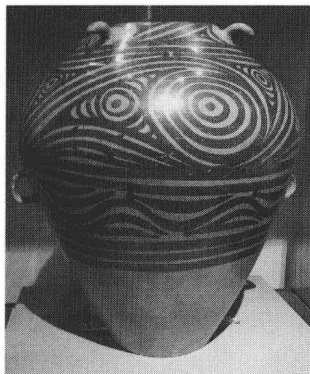


- 设计与材料概述
- 设计材料的发展
- 设计材料的几种分类
- 设计材料的性能与特性
- 设计材料的感性
- 设计材料的选择

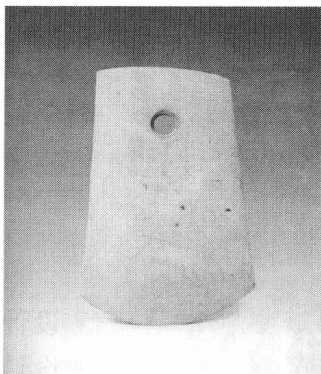
1.1 设计与材料概述

设计是人类为了自身的生存和发展而进行的一种造物活动。设计伴随着人类的历史漫长而久远，它几乎与人类的生活史同样源长。当石器时代人类的祖先开始尝试制造工具和物品时设计的活动即初见了端倪。“一部人类的文化史，不论哪个地区和民族，可以说都是从制造工具和生活用品开始的。千万年以来在这个历史的长河中，虽经战乱和人事变迁，造物活动却始终没有间断，而且越来越多样，越来越先进。”设计是人类所特有的一种造物活动，是指人们在生产中有计划、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的物质。人类的这一造物活动满足了自身在物质上与精神上的需要，同时也达到与周围生存环境的协调。今天设计已渗透于人们生活的每一个方面，衣、食、住、行无不和设计产物有关。设计正改善和影响人类的生存状态和生活方式，图 1-1 所示为古代陶器与石斧。

人类的造物活动离不开材料，材料是人类活动的基本物质条件。那么什么是材料呢？在人们生活的地球表层覆盖着由岩石及矿物组成的自然物，这些岩石与矿物的自然物便是构成材料的基本原料。如果将天然生成且尚未加工的物质叫做原料，那么这些原料经加工处理后产生的物质就叫做材料。材料是可以为人类用来制造产品和工具的物质。在中国古代有所谓“物曲有利”的说法，即以各种物质材料，改变其形，偏重其利，所制成的器物。相对于自然物来说人造物就是以自然物为基础，或改变其形态，如木材之于家具；或改变其性质，如黏土之于陶器。现代化学的发展，开阔了材料的领域，“合成材料”的制造，其实也是对于自然物的利用。正是材料的发现、发明和使用，才使人类在与自



(a) 新石器时代晚期蜗纹彩陶罐



(b) 新石器时代石斧

图 1-1 古代陶器与石斧

然界的斗争中，走出混沌蒙昧的时代，发展到科学技术高度发达的今天。

器物是时代的产物，映射着一个时代的文化、经济和生活方式，更是体现了新材料、新技术、新工艺的发展水平。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当时对新工业材料的创造和新的美学追求。每一次新材料的出现又会给设计带来新的飞跃。在现代社会中，尽管人们的物质生活得到了很大的改善，但人们仍期望通过对新材料的开发与应用，充分利用材料的性能特征，来提高产品的质量或达到某种新的功能要求，从而进一步提高人们的生活质量。图 1-2 所示为巴黎城市标志的铁塔。

科学技术的发展使人们对材料的概念在不断发生变化，早期的材料都是以自然物为主的原始材料，工业革命以后，出现了工业材料如合成材料、半导体材料和塑料等。从根本上改变了人们对材料的直观感觉和体验。人们感觉柔软的材料实际上却具有极高的强度，感觉体积巨大的物体却不具有相应的质量。随着所谓基因材料、克隆材料和碳纳米管超级纤维材料的出现和运用，人们对材料的认识发生了根本的改变，从一种对材料的宏观和表面的认识进入到一种微观和深入的理解。

在设计中，对新材料的开发与应用成了提高产品效用和开发产品新功能的重要



图 1-2 钢铁文明的产物——法国巴黎埃菲尔铁塔

因素。如塑料材料的出现，其优良的化学和物理性能就很快获得了设计师的青睐。塑料随之被广泛地应用到家具、家用电器的设计之中，不仅大大地提高了这些产品的使用效率，同时也扩展了这些新产品的使用功能。杜邦公司发明了尼龙材料，开发了一系列的尼龙产品就

是一个很好的佐证。氟树脂的发明，由于其优异的热性能，易清洁、不粘油、无毒等特征，就出现了像“不粘锅”及易清洁的脱排油烟机等新产品的问世。图 1-3 所示为现代塑料文明的成果——“不粘锅”。自从发现了高温超导陶瓷以后，世界上又成功地研究了超导磁体，并利用超导磁体的性能，研制成功了高速超导磁悬浮列车。目前日本和德国的超导磁悬浮列车已投入运行，车速每小时可达 500km，如图 1-4。20 世纪出现的记忆合金，由于其特殊的化学、物理特性，被广泛地应用到电器、航天飞机、医疗器械及机械自动化的设计领域。



图 1-3 “不粘锅”

由于不同的材料具有各自不同的性能特征，因而一旦材料被应用到某个具体的产品时，就会对这一产品产生形态、构造乃至视觉上的影响。在现实生活中，人们能真切地感受到，即使是同样的产品，由于采用的材料不同，都会留下不同的使用感受。此外，不同的材料有着不同的加工方法和成型工艺，而不同的加工工艺也将对产品的形态起到直接的作用。20 世纪 30 年代早期的台式收音机外壳，采用的是人工夹板拼装工艺，产品形态只能是以直线大平面为主，造型呆板生硬。由于塑料的出现和注塑技术的成熟，收音机壳体成型材料和成型工艺得到了彻底的改变，使产品的形态由以前单一的直线平面发展到当前的各种曲线的体面互为组合，产生丰富多彩的造型形式，如图 1-5。

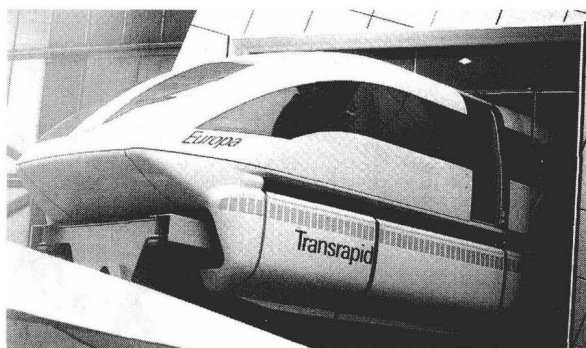
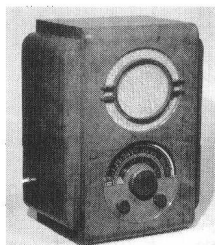


图 1-4 磁悬浮列车

自行车的车架结构除了要满足力学上的要求外，还要严格受其材料的加工工艺的制约。近百年来，由于自行车的车架一直受钢管的弯曲和焊接等工艺的



(a) 20 世纪 30 年代木壳收音机



(b) SONY 新宽塑料外壳防水收音机

图 1-5 产品的造型形式

限制，车架的形态基本上呈三角形。后来出现的碳纤维加强玻璃钢合成材料，由于它有质量轻、强度高、整体成型等特点，当其被用作自行车的车架材料时，就彻底改变了传统的三角形框架，使自行车的外形形态发生了重要的变化。合成材料车架的自行车，由于充分发挥了该材料的性能特点，采用了新的加工工艺，使其改变了传统的自行车结构，并配以新颖的传动方式，整个车子形态显得格外轻盈活泼、新颖美观而富有动感，如图 1-6。

在以消费者为导向的市场经济条件下，企业越来越重视通过提高产品的附加值来赢得市场。产品的附加价值是对产品机能、材料与感性三者的统一。体现在产品的“心理价值”、“设计价值”、“信息价值”上。通过对各种设计材料的运用，不仅可以建立起产品的个性，更可以作为一种设计战略，对企业产品形象的建立起着提升的作用。

当越来越多的企业开始通过设计战略来竞争市场的时候，对材料、形态和色彩这些构成产品的重要因素的研究受到了重视并被赋予了更新的理解，设计将从一种以传统式的外观“包装”设计转向建立人与高技术之间关系的协调，进而成为一种设计的文化。

如苹果电脑公司的 iMAC 设计，运用材料与色彩的语言向世人诠释了数码科技的魅力，如图 1-7。



图 1-6 采用碳纤维加强玻璃钢合成材料的自行车

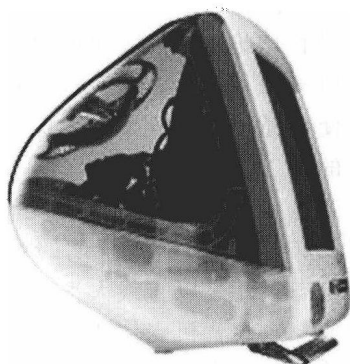


图 1-7 用材料诠释科技的 iMAC 电脑

1.2 设计材料的发展

综观人类历史的发展，器物造型是随着造物需要而产生的，而造物需要又是与对材料的认识而同步发展的，从一定的角度上可以说人类的文明史就是材料的发展史，人类的设计史就是对材料的使用史。所以人们通常以不同特征的材料来划分人类不同历史时期，例如石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代、高分子材料时代等，为人类文明的历史树起了一座座里程碑。

(1) 石器时代

人类使用材料的历史大致可以上溯到 250 万年前的石器时代，人类祖先为了生存、抵御猛兽袭击和猎取食物，逐渐学会使用天然的材料——木棒、石块等。在这个被叫做旧石器的时代，出现了一批人工打制的石器——石矢、石

刀、石铲、石凿、石斧、石球等，这是利用一块较硬的石头砍砸另一块较软的石头打击而成，所以称砍砸器。尽管其形状既不规则，又不固定，加工十分粗糙，但其加工的形状却是人们所希望和需要的，这是人类制造的第一种原始材料。

大约 1 万年前，打制得更加精美的石器以及陶器、玉器的出现标志着新石器时代的开始。人类已经开始用石头和砖瓦做建筑材料，代表器物有：中国湖北屈家岭出土的距今约 5000 年的精细石铲、圭形石凿，还有钻了孔的石斧等，在钻孔中装上木柄，使用更方便。

(2) 陶器时代

随着对火的利用，出现了将黏土捏成各种形状，放在火中可烧成各种土器和用火烧制成最原始的陶器。陶是人类第一种人工制成的合成材料。陶的出现，为保存、储藏粮食提供了可能，标志着人类从游猎生活进入农牧生活。代表器物有：中国江西万年县出土的距今 1 万多年前的残陶碎片以及西安骊山出土的距今两千多年前的秦兵马俑。同时，为使陶器更精美出现了在陶器上挂釉的技术并意外地发现了玻璃。公元前 7000 多年埃及古代遗址中出土的青色玻璃球，标志着人类已学会玻璃的制造。

水泥是无机材料中使用量最大，对人类生活影响最显著的建筑材料和工程材料，在水的作用下，它可与砂、石等材料形成坚硬的石状体（混凝土），是人工的石头（曾示为“砗”）。早在 2000 多年前，希腊和古罗马人就将石灰和火山灰的混合物作建筑材料，这是最早应用的水泥。今日，它已发展成庞大的家族，是建房修桥筑路等领域的顶梁柱，有石材不可替代的优越性。

有些考古学家认为，在石器时代之前，应有一个木器时代，因为来到地面的猿人，首先能得到并能使用的显然是棍、棒之类的木质工具，只可惜有机质难于保存下来，无法得到明证；而在新石器时代和青铜器时代之间，中国还存在一个玉器时代。

(3) 青铜器时代

青铜文明的源头在古代中国、美索不达米亚平原和埃及等地。这是一个辉煌灿烂的时代。早在公元前 8000 年，人类已发现并利用天然铜块制作铜兵器和铜工具。到公元前 5000 年已逐渐学会用铜矿石炼铜。铜是人类获得的第二种人造材料。青铜——铜锡合金，这是最原始的合金，也是人类历史上发明的第一种合金。中国商代青铜器已经盛行，并将青铜器的冶炼和铸造技术推向了世界的顶峰。代表器物有：商代后期的遗物——司马戌方鼎，如图 1-8(a)，高 133cm、质量 832.84kg；秦始皇陵墓出土的秦王鼎重 212kg，铜马车重 1061kg；湖北江陵望山出土的越王勾践用剑，四川广汉三星堆出土的世界上年代最久远、树枝最高最大、形象神奇多彩、高约 4m 的青铜神树，高 2.6m 的青铜立人、青铜人头像如图 1-8(b) 和青铜面具等，以及湖北随州市曾侯乙墓出土的计 64 件、2500 多公斤的古代乐器——铜编钟。

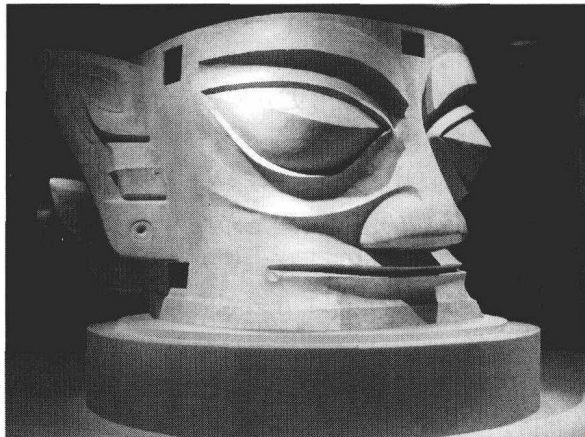
(4) 铁器时代

从铁矿石中人工冶炼铁的技术早在公元前 1400 年就开始了，由青铜过渡

到铁是生产工具用材的重大发展。在中国的代表器物有：甘肃灵台出土的春秋早期铜柄铁剑；湖北大冶的战国时期古矿井内发现的铁斧、铁锤、铁砧、铁锄等工具；建于宋代嘉祐六年（1061年）的湖北当阳玉泉寺山门外的砖身铁塔，高17.9m，由质量为38300kg的44块铸件组成，其拼装得天衣无缝、浑然一体，铸造技术之高超令人叫绝。



(a) 象征青铜文明的司母戊方鼎



(b) 四川广汉三星堆出土青铜人头像

图 1-8 青铜器时代器物

炼铁技术和制造技术的发展，开创了人类文明的新时代。推动了现代工业革命的进程，同时也使人类经历了四次技术革命。

第一次技术革命发端于18世纪后期，以蒸汽机的发明及广泛应用为主要标志，实现了高炉、转炉、平炉制造优质钢材的工业化。由此引发的纺织工业、冶金工业、机械工业、造船工业等的工业革命，是这次技术革命的产物，使人类从手工工艺时代跃进到机器工业时代，开创了工业社会的文明。

第二次技术革命开始于19世纪末，以电的发明和广泛应用为标志，由于远距离送电材料以及通讯、照明用的各种材料的工业化，实现了电气化。其结果是石油开采、钢铁冶炼、化学工业、飞机工业、电气工业、电报电话等迅猛发展，组成了现代产业群，使人类跨进了一个新的时代，实现了向现代社会的转变，促进了国际关系的最终形成。

第三次技术革命始于20世纪中期，以原子能应用为主要标志。1942年12月，意大利物理学家费米在美国建立了第一个核反应堆，实现了控制核裂变，使核能利用有了可能；其后实现的合成材料、半导体材料等大规模的工业化、民用化，把工业文明推到新高峰，开启了通向人类信息社会文明的大门。

第四次技术革命于20世纪70年代开始，它是以计算机，特别是微电子技术、生物工程和空间技术为主要标志，新型材料、新能源、生物工程、航天工业、海洋开发等新兴技术是主攻方向。世界上第一台电子计算机诞生于1946年，运算速度为每秒5000次，今天世界上最快的计算机每秒运算速度达到了1万亿次。新的技术革命一次比一次迅猛、对人类的影响也一次比一次深远，进入20世纪，人类科学技术发明和创造之和超过了以往2000年的总和。

(5) 高分子材料时代

从1909年第一个人工合成的酚醛塑料算起，至今还不足100年，然而到20世纪90年代初，塑料产量已逾1亿吨，按体积计，已超过钢铁产量。因此，人们称这段时期为高分子材料时代。在这之前，以钢铁为代表的金属材料直到20世纪50年代一直居主要地位。但随着无机非金属材料（尤其是特种陶瓷）、高分子材料及先进复合材料的出现和发展。高分子材料在今天发挥的作用已经越来越大。从年增长率看，塑料远远大于钢铁，例如，20世纪40年代至80年代的40年间，平均年增长率塑料为13.6%，钢为5.7%，木材为1.6%，水泥为6.4%，塑料的年增长率分别为钢、木材和水泥的2.4倍、8.5倍和2.1倍。以汽车为例从20世纪60年代开始在轿车上使用塑料件，到80年代用量已接近120kg。汽车上的原材料结构组成比发生了很大的变化。

因此，现今衡量一个国家综合实力的统计方法已经由以往用钢产量替代为用塑钢比。例如美国的塑钢比约在40%上下，中国的塑钢比在15%左右。

(6) 复合材料时代

随着时代的发展，均一材质的材料往往已无法满足高新技术发展的要求，复合材料应运而生。复合材料是由高分子材料、无机非金属材料或金属材料等几类不同的材料通过复合工艺组合而成的新型材料。经过设计可以使各组分的性能互相补充并彼此关联，从而获得新的优越性能。在欧美等国家，轿车上复合材料已超过50kg，如法拉利等高级跑车的车身就是以复合材料制作的。在航空航天工业中，减轻自重可以使火箭、卫星、导弹等飞得更高、更远。譬如，人造卫星质量每减少1kg，就可使运载火箭减轻500kg；喷气发动机每减轻1kg，飞机可减轻4kg，升限可提高10m，而其工作温度每提高100℃，推动力就可提高15%。使用碳-碳复合材料的火箭与全金属材料相比，其射程可达950km。因此，有人认为21世纪是复合材料的时代。图1-9所示为使用复合材料制作的航天飞机。

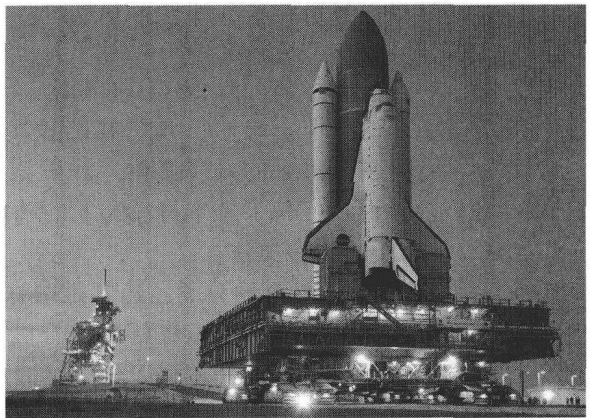


图 1-9 复合材料时代的骄子——航天飞机

1.3 设计材料的几种分类

材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的物质，是人类赖以生存和发展的物质基础。20世纪70年代人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。进入二十一世纪以后，新材料作为高新技术的基础和先导，应用范围极其广泛，它同信息技术、生物技术一起成为新世纪最重要和最具发展潜力的领域。

由于材料具有多样性的特点，其分类方法也没有统一标准。通常材料可以从结构组成、功能和应用领域等多种不同角度对其进行分类，不同的分类之间

相互交叉和嵌套。

如从物理化学属性来分,可分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和不同类型材料所组成的复合材料。从用途来分,又分为电子材料、航空航天材料、核材料、建筑材料、能源材料、生物材料等。

从使用属性上来分可分为结构材料与功能材料:结构材料是以力学性能为基础,用以制造受力构件所用的材料,当然,结构材料对物理或化学性能也有一定要求,如光泽、热导率、抗辐射、抗腐蚀、抗氧化等。功能材料则主要是利用物质的独特物理、化学性质或生物功能等而形成的一类材料。一种材料往往既是结构材料又是功能材料,如铁、铜、铝等。传统材料是指那些已经成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料,如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于其量大、产值高、涉及面广,又是很多支柱产业的基础,所以又称为基础材料。

1.3.1 岛村昭治历史分类法

1980年前后,日本机械技术研究所的岛村昭治提出了将材料的发展历史划分为以下五代。

第一代材料:石器时代的木片、石器、骨器等天然材料。

第二代材料:陶、青铜和铁等从矿物中提炼出来的材料。

第三代材料:高分子材料,原料主要从石油、煤等矿物资源中来。

第四代材料:复合材料。第一到第三代材料都是各向同性的,而复合材料以各向异性为特征。

第五代材料:材料的特征随环境和时间而变化的复合材料。即它能检测到材料受环境变化引起的破坏作用,随即作出相应的对策。所谓材料的特性是指对应力集中、电、磁、热和光等作用的响应。这类材料又可分为两类,即对应于外界刺激引起的破坏,向补强的方向变化(补强型)和废弃后迅速分解还原为初始材料,向易于再生的方向变化(降解型)。这是一类智能型材料,开始于20世纪40年代,代表了未来材料开发的动向。

1.3.2 物质结构分类法

如图1-10所示对材料的分类,通常是按材料的组成、结构特点进行分类:金属材料、无机非金属材料、无机材料、有机高分子材料(也称高分子材料)和复合材料。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,至于有机材料的应用则也逐渐从天然材料改用合成高分子材料。

1.3.3 材料加工度分类法

设计用材料如按加工度来分可分为天然材料、加工材料与人造材料三种。

① 天然材料:是指不改变在自然界中所保持的自然特性或只施加低度加工的材料而言。这类材料以天然存在的有机材料为主,如竹、木、棉、毛、皮革以及天然存在的无机材料如黏土、矿石、化石、宝石、熔岩、火山灰、金属、大理石、水晶、煤、金刚石、硫黄、金砂矿等。

② 加工材料:是指介于天然材料和人造材料之间,经过不同程度人为加工的

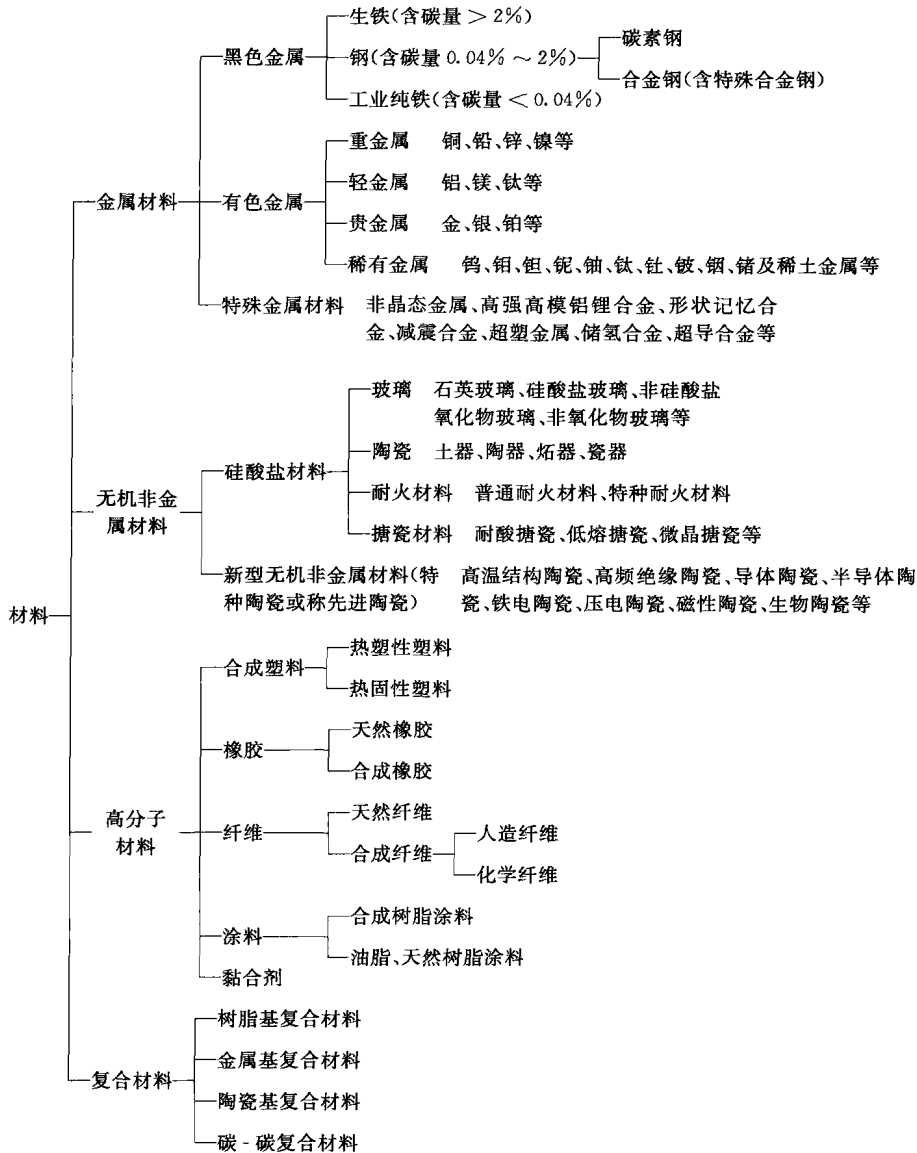


图 1-10 按材料的物质结构分类

材料。加工度从低至高的材料有胶合板、细木工板、纸张、黏胶纤维与玻璃纸等。

③ 人造材料：是指人工制造的材料。主要有两大部分：一是以天然材料为蓝本所制造的人造材料，如人造皮革、人造大理石、人造象牙、人造水晶、人造钻石等；其二是利用化学反应制成的在自然界不存在或几乎不存在的材料，如金属合金、塑料与玻璃等。

1.3.4 材料形态分类法

为了加工使用方便，设计用材料往往事先制成一定的形状，按这些形状可分为颗粒材料、线状材料（包括线状与纤维状）、面状材料（包括膜、箔）以及块状材料。