



高等院校工业设计类“十二五”规划教材

总主编 朱钟炎 范圣玺

产品设计材料

与工艺

Materials and Crafts in
Product Design

主编 关瑾



中国海洋大学出版社

CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

高等院校工业设计类“十二五”规划教材

总主编 朱钟炎 范圣玺

产品设计材料

与工艺

Materials and Crafts in
Product Design

主 编 关 瑾
副主编 章 文



中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

产品设计材料与工艺 / 关瑾主编. — 青岛: 中国海洋
大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5670-1066-6

I. ① 产… II. ① 关… III. ① 产品设计—教材
IV. ① TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 313704 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
出版人	杨立敏	
策划人	王 炬	
网 址	http://www.ouc-press.com	
电子信箱	tushubianjibu@126.com	
订购电话	021-51085016	
责任编辑	王积庆	电 话 0532-85902349
印 制	上海汉迪彩色印刷有限公司	
版 次	2015 年 12 月第 1 版	
印 次	2015 年 12 月第 1 次印刷	
成品尺寸	210 mm×270 mm	
印 张	10.5	
字 数	300 千	
定 价	58.00 元	

总序

《中国制造2025》是国务院总理李克强在第十二届全国人民代表大会第三次会议上提出来的，旨在坚持创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展，加快从制造大国转向制造强国。围绕创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展、人才为本等关键环节，以及先进制造、高端装备等重点领域，提出了加快制造业转型升级、提升增效的重大战略任务和重大政策举措，力争2025年前从制造大国迈入制造强国行列。

在此发展方针的指导思想下，工业设计更加注重跨学科的交叉，集成知识，整合创新，跨界探索新的技术、新的形态、新的服务和设计实践。《中国制造2025》也将“人才为本”作为基本方针之一，坚持把人才作为建设制造强国的根本，培养素质优良、结构合理的制造业人才队伍，这也是开设工业设计专业课程的宗旨。在当今重视大众创业、万众创新的形势下，培养工业设计专业人才更显得迫切和重要。

工业设计教育该如何培养适应新发展需求的工业设计专业人才？本套工业设计类专业教材正是在信息化和全球化深度发展的时代特征下，适应设计环境的改变、设计对象的改变和创新模式的转变而及时推出的，适应了时代发展和人才培养的需求。

本系列教材编写团队整体构成合理、实力雄厚，由长期从事工业设计教学、科研的高校老师，资深设计总监、技术总监，双师型的专家学者等组成。本套教材强调团队合作，集整体团队智慧、经验于一体，以高度的责任感，对每册教材的框架、内容、教学环节等进行了多次研讨，融入了务实创新的新改精神。其具体特点如下：

一、系统性。考虑了工业设计专业学科的知识系统，内容涵盖设计史论与方法论、设计技术类、设计表达类和设计实践类四大版块。

二、实用性。教材内容注重与设计行业的结合，教材的编写团队由一线设计教师和知名企业的设计总监或设计从业人员组成，充分体现了理论和实践相对接、学以致用特点，如《形态基础与产品设计》《产品研发设计表现》《产品系统设计》等教材，这部分内容是本套教材的重点部分。

三、时代性。本系列教材注重与时俱进，时代在进步，设计内容也在发展。顺应现代设计的发展需求，教材既注重对设计传统行业的重塑，也兼顾设计学科的跨界探索，如《产品交互设计》《产品设计数字化表现》《产品用户调查》等教材，适应了现代设计的发展需求。

此外，本系列教材考虑产品设计、产品类别的宽泛，因此配套内容考虑较全面，既保持了工业设计学科的规范性和完整性，也体现了工业设计学科发展的前瞻性、系统性、交叉性及实践性，能够适应高等院校工业设计专业教学的需求。通过对本套教材的学习，学生可以全面提高工业设计专业理论水平及应用能力。同时，本系列教材对相关专业人员也具有较高的参考价值。

朱钟炎 范圣玺
2015年11月

前言

产品设计材料与工艺是工业设计专业一门非常重要的专业基础课程。材料是产品造型的物质基础，设计师的设计构思需要通过材料及其加工工艺转化为实物产品，再通过表面处理工艺提高产品审美价值。然而产品的种类繁多，材料种类及加工工艺更是多种多样，当设计师面对设计任务时，如何从广阔的材料世界中选择适用的材料及其成型工艺呢？这要求设计师必须具备相关知识。除此之外，很多设计创新的源头就在于材料及工艺的创新，塑料的发明开创了一个新的材料时代，近年的3D打印突破了材料和工艺的约束，可以帮助设计师将以往只能存在于设计草图中的方案变为实物。由此可见，对材料工艺方面知识的储备是设计专业的学生必须要做到的，只有这样才能在将来成长为一名合格的设计师。

本书是一本以最大程度满足读者使用要求为基本出发点的教材。基于本教材的目标读者——工业设计专业的学生及教师，书中没有太多涉及材料专业的深奥理论知识，而是从工业设计专业特点出发，配置了大量的生产加工过程图片、材料分类图表，并介绍了各种材料在设计中的实践应用，生动形象、一目了然，便于读者学习掌握，尽量将枯燥的理论教材变得更加具有可读性，以提高读者的阅读兴趣。

在注重可读性的同时，编者也注意保持教材的专业性，本书内容涵盖了工业产品设计中常用的以及最新的设计材料，包括各种材料的基本性能、分类、组成、应用及加工工艺等；还介绍了基于材料的各种零部件连接方式和表面处理工艺。保持对材料科学的研究进展的关注，注重将业界最新的材料及应用介绍给读者，以增加教材的含金量。

另外本教材还加入了教学实践案例，将教学过程中的学生作业展示出来。读者可以看到学生在设计过程中如何将材料特性应用到产品中，如何结合实际生产条件来选择其加工方式等。这个过程在教学中是非常重要的，学生通过“动手”来获得对材料特性的直观感受，了解各种材料在质量、外观感受、加工方式等方面的区别，可以更好地发挥材料的特性。教学案例的加入也丰富了教材的内容，加强了教材的实用性。

本书编写过程中，朱钟炎教授给予了很有帮助的参考意见，我的学生尤昌鑫同学也参与了部分图片的编辑工作，在这里向他们表示感谢！

由于编者水平有限，对于书中的不足之处，敬请读者不吝指正。

编者
2015年12月

教学导引

一、教材适用范围

产品设计材料与工艺是工业设计专业的一门重要的基础课程。材料是产品造型的物质基础，产品造型设计要取得良好的效果，必须充分发挥材料的性能特点。各种材料都有自己的基本性能、外表特征以及与其相对应的加工和表面处理工艺。采用不同的材料，会直接影响产品的结构、形体和重量，也会使产品有不同的装饰效果、外观质量、经济成本和市场竞争力。合理、科学地选用材料，是产品造型设计极为重要的内容。本教材适用于高等院校工业设计专业师生，是相关课程的教学参考用书，也是社会相关设计师培训的针对性教材。

二、教材学习目标

1. 让学生了解各种材料的基本性能及研究趋势。
2. 使学生能掌握各种材料的主要加工工艺和方法。
3. 在产品设计中能适当地选择材料和加工工艺。
4. 培养学生应用材料学知识解决设计问题，具有运用材料的自然美来使产品具有美感的能力。

三、教学过程参考

1. 课堂讲述。
2. 思考与练习。
3. 研究报告。
4. 选择一种材料进行设计实践。
5. 进程汇报与点评。
6. 作业完成与反馈。

四、教学实施方法参考

1. 课堂演示。
2. 实地考察。
3. 案例讲解。
4. 过程完整。
5. 分组互动。
6. 作业评判。

建议课时

总课时：64

章节	内容	课时
第一章	产品设计材料概述	4
第二章	金属材料及加工工艺	12
第三章	有机高分子材料及加工工艺	12
第四章	木材及加工工艺	8
第五章	陶瓷材料及加工工艺	6
第六章	玻璃材料及加工工艺	6
第七章	复合材料及新型材料	4
第八章	特种材料与应用	4
第九章	快速成型	8

目录

◆ 第一章 产品设计材料概述.....	001
第一节 设计与材料的发展.....	001
第二节 材料的分类.....	003
第三节 材料的固有特性.....	004
第四节 材料的工艺特性.....	005
第五节 材料的感受特性.....	011
第六节 材料的发展趋势.....	014
◆ 第二章 金属材料及加工工艺.....	016
第一节 金属材料概述.....	016
第二节 金属材料的性能.....	016
第三节 常用的金属材料.....	017
第四节 金属材料的加工工艺.....	023
第五节 金属的表面处理技术.....	031
第六节 金属材料在工业设计中的应用.....	035
◆ 第三章 有机高分子材料及加工工艺.....	040
第一节 有机高分子材料.....	040
第二节 塑料材料概述.....	041
第三节 常用塑料的特性及应用.....	045
第四节 塑料成型及加工工艺.....	051
第五节 塑料在产品设计中的应用.....	061
◆ 第四章 木材及加工工艺.....	067
第一节 木材概述.....	067
第二节 木材的基本特性.....	069
第三节 常用木材.....	071
第四节 木材的成型工艺.....	078
第五节 竹、藤与草类材料.....	084
第六节 木材在设计中的应用.....	086

◆ 第五章 陶瓷材料及加工工艺	092
第一节 陶瓷概述	092
第二节 陶瓷的成型工艺	095
第三节 陶瓷在工业设计中的应用	100
◆ 第六章 玻璃材料及加工工艺	105
第一节 玻璃概述	105
第二节 玻璃的基本性能	106
第三节 玻璃的加工工艺	108
第四节 工业设计中常用的玻璃材料	113
第五节 玻璃材料的应用案例	115
◆ 第七章 复合材料及新型材料	121
第一节 复合材料概述	121
第二节 复合材料的基本性能	121
第三节 聚合物基复合材料的成型工艺	123
第四节 金属基复合材料的成型工艺	125
第五节 复合材料在工业设计中的应用	128
◆ 第八章 特种材料与应用	134
第一节 纳米材料	134
第二节 生物医用材料	138
第三节 功能材料	140
第四节 智能材料	144
◆ 第九章 快速成型	147
第一节 快速成型技术概况	147
第二节 快速成型技术原理及方法	148
第三节 3D打印技术	151
◆ 参考文献	160

第一章 产品设计材料概述

第一节 设计与材料的发展

1.1 材料

材料是人类赖以生存和生活的物质基础，人类利用材料来创造工具进行生产活动从而适应并改造世界。通过研究人类进化史，我们可以发现，材料的开发使用和完善与人类的生活和社会发展密不可分。因而历史学家按人类对材料的使用情况，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、铁器时代和人工合成材料时代。以材料的名称来划分人类的历史，体现出材料对人类生存发展的决定性意义。可以说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。

1.2 工业设计

工业设计是伴随着大工业生产的技术及艺术的发展而产生的。工业设计发展至今，已有一百多年的历史了，随着时代和社会的发展，工业设计的内容也不断地更新充实。我们可以通过国际工业设计协会理事会对工业设计的定义来加以了解，1980年对工业设计的定义是“就批量生产的产品而言，凭借训练、技术知识、经验及视觉感受而赋予材料、结构、形态、色彩、表面加工及装饰以新的品质和资格，叫作工业设计。”2006年的最新定义继续拓展了工业设计的范围：

“目的：设计是一种创造性的活动，其目的是为物品、过程、服务以及它们在整个生命周期中构成的系统建立起多方面的品质。因此，设计既是创新技术人性化的重要因素，也是经济文化交流的关键因素。

任务：设计致力于发现和评估与下列项目在结构、组织、功能、表现和经济上的关系。

- ① 增强全球可持续发展和环境保护（全球道德规范）。
- ② 给全人类社会、个人和集体带来利益和自由。
- ③ 最终用户、制造者和市场经营者（社会道德规范）。
- ④ 在世界全球化的背景下支持文化的多样性（文化道德规范）。
- ⑤ 赋予产品、服务和系统以表现性的形式（语义学）并与它们的内涵相协调（美学）。

设计关注于由工业化（而不只是生产时用的几种工艺）所衍生的工具、组织和逻辑创造出来的产品、服务和系统。也就是说，设计是一种包含了广泛专业的活动，产品、服务、平面、室内和建筑都在其中。这些活动都应该和其他相关专业协调配合，进一步提高生命的价值。”

1.3 材料与工业设计

材料是工业设计的物质载体，工业设计与材料密不可分。构成产品的三大要素包括形态、功能和材料，三者相互影响密不可分。历史上创造性的设计通常是伴随着新材料、新技术的应用而出现的。相同功能的产品，因为采用不同的材料及加工工艺，可以带来形态上的极大突破。我们以座椅为例来进行分析。

马歇·布劳耶从他的自行车的车把上得到启发，从而萌发了用钢管制作家具的设想。1925年设计的第一把钢管椅子——瓦西里椅（图1-1-1），钢管椅造型轻巧优美、结构单纯简洁，具有优良的性能，突破了原有木制椅子的造型范围，因而这种新的家具形式很快风行世界。瓦西里椅曾被视为20世纪椅子的象征，在现代家具设计史上具有重要意义。由于钢管家具具有包豪斯最典型的特点，以至于被后人认为是包豪斯的同义词。

20世纪三四十年代后，由于合成树脂的迅速发展和胶合技术的应用，产生了一种新的椅子形态——胶合板椅，由日本工业设计大师柳宗理于1954年设计的Vitra蝴蝶凳就是其中的代表作品。蝴蝶凳采用埃姆斯夫妇创造的弯曲胶合板技术，将两片“蝴蝶翅膀”用螺丝和铜棒固定，凳子造型取自日本传统“神道教”的拱门造型，很好地融合了东西方元素。该款设计现已被纽约现代艺术博物馆及法国卢浮宫收藏（图1-1-2）。



图1-1-1 瓦西里椅 马歇·布劳耶



图1-1-2 蝴蝶凳 柳宗理

从20世纪50年代起，维纳尔·潘顿开始对玻璃纤维增强塑料和化纤等新材料进行研究，并于1959~1960年间，研制出了著名的潘顿椅。这是世界上第一把一次模压成型的玻璃纤维增强塑料椅。潘顿椅虽然是世界第一把一次成型的椅子，但受材料工艺限制，实际应用中存在诸多问题，直到1968年才得以量产。1990年和1999年两次升级材料，最终潘顿椅跟时代契合成为坐椅设计史上又一经典作品（图1-1-3）。

德国设计师Konstantin Grcic设计的Chair One（2002）是一把完全由金属线条“编织”而成的椅子，整个形态完全由“结构线”构成，打破人们对常规椅子形态的想象。椅子最早设计是为户外所使用，因为受到太多欢迎，目前已拓展到室内甚至是公共场所。这把椅子已被纽约现代美术馆设计部正式列入永久收藏（图1-1-4）。

“Paper Chair”是中国本土品牌——品物流形的创作。通过对余杭纸伞工艺的研究，触发了设计师一个大胆的想法——把宣纸做成椅子。让我们惊讶的是本来柔弱的宣纸，在特定工艺下具备和实木同样的牢固度。品物流形获得2012年米兰设计周 Salone Satellite Design Report Award 全场唯一大奖，成为第一个获得此奖的中国设计师品牌（图1-1-5）。

通过对坐椅设计简单的回顾我们可以发现，材料和工艺对于造型的影响是非常明显的。设计师有必要了解材料和工艺的基本知识，为更好地设计出造型美观、结构合理的产品打下良好的基础。设计师还应保持对新材料新工艺的敏感性和高度的热情，这样能够拓宽设计师的思路，设计出更有创新性的作品。



图1-1-3 潘顿椅 维纳尔·潘顿



图1-1-4 Chair One Konstantin Grcic



图1-1-5 Paper Chair 品物流形

第二节 材料的分类

目前已经发现的化学元素有100多种,由这些种元素所构成的无机物有几十万种,由碳、氢、氧成分为主组成的有机化合物有几百万种。面对如此丰富的材料资源,为了更好地了解材料的特征,我们可以从物质结构、发展历史和形态几方面来对材料进行分类。

2.1 按物质结构分类

我们把材料按物质结构区分,可分为有机材料与无机材料两大类,无机材料又可分为金属材料和非金属材料。

(1) 有机材料

有机材料又称为有机高分子材料,一般是由碳、氧、氢等元素组成的相对分子质量较大的材料。有机材料还可分为天然有机材料与人工合成有机材料两大类,天然有机材料是由动植物原料制成的,有皮革、纤维、布料、纸、木等;合成有机材料是人工合成的,如塑料、橡胶、硅胶等。

(2) 金属材料

金属材料是由金属元素组成的材料,如铜、铁、金、银、锡、铝等,金属材料有其自身特有的光泽与色彩,金属可以与其他金属或非金属在熔融状态下形成合金,具有更好的性能。

(3) 非金属材料

非金属材料包括钻石、陶瓷、水泥、搪瓷、玻璃等材料。

(4) 复合材料

复合材料是由两种或两种以上不同化学性质的物质组合而成的材料,常见的复合材料有玻璃钢、碳素纤维、铝塑板等。

2.2 按发展历史进行分类

(1) 天然材料

天然材料是指不改变材料在自然界中所保持的自然特性,或只进行低度加工的材料。这类材料以天然存在的有机材料为主,如木材、竹材、棉、毛、皮革以及天然存在的无机材料,如石材、黏土等。

(2) 加工材料

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材料。加工程度从低到高有人造板、纸、水泥、金属、陶瓷、玻璃等。

(3) 合成材料

合成材料是利用化学合成方法，将石油、天然气和煤等原料进行制造、加工，从而得到的高分子材料，如塑料、橡胶、纤维等。

(4) 复合材料

复合材料是指用各种金属和非金属材料复合而成的材料。

(5) 智能材料

智能材料是指随环境条件的变化而具有应变能力，拥有潜在功能的高级形式的复合材料。其特征就是能自动检测到环境变化而引起的破坏作用，并能随即作出相应的反应。

(6) 纳米材料

纳米材料是指由尺寸小于100nm的超细颗粒构成的，具有小尺寸效应的材料的总称。纳米材料会表现出特异的声、光、电、热、机械的性能，纳米材料已成为目前世界材料领域研究的热点。

2.3 按形态分类

为了加工使用方便，设计用材往往事先制成一定的形态，按这些形态划分，材料可分为线状材料、面状材料和块状材料。

(1) 线状材料

线材往往具有很好的抗拉性能，设计中常用的线状材料有钢管、钢丝、铝管、金属棒、塑料棒、塑料管、木条、竹条、藤条等。

(2) 面状材料

面材通常具有较好的弹性和柔韧性，面材之间还可以进行复合形成复合板材。常用的面状材料有金属板、木板、塑料板、合成板、金属板、皮革、玻璃板等。

(3) 块状材料

一般来说，块材的抗冲击、抗压能力都很强，与线材、面材相比，块材的弹性和韧性较差。设计中常用的块状材料有木材、石材、泡沫塑料、铸铁、铸钢等。

第三节 材料的固有特性

材料的特性是指材料在使用及加工过程中所表现出来的性能。材料的特性有多种，不同的产品又各有偏重。材料的特性通常包括两个方面：一是材料的固有特性，包括材料的物理特性、化学特性和力学特性；二是材料的派生特性，它是由材料的固有特性派生出来的，包括材料的工艺特性、材料的感观特性等。

3.1 材料的物理性能

材料的物理性能主要包括材料的色泽、密度、熔点、比热容、热导率、热胀系数、绝缘性、磁性、可燃性等。

3.2 材料的化学性能

材料的化学性能指材料在常温或高温条件下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。主要包括耐腐蚀性、抗氧化性和耐候性等。耐腐蚀性指材料抵抗周围介质腐蚀破坏的能力，耐腐蚀性是衡量金属材料性能优劣的主要指标；抗氧化性是材料在常温或高温下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，如玻璃和陶瓷的耐候性好，塑料的耐候性差。

3.3 材料的力学性能

力学性能又称机械性能，指材料对外力所导致的弹性变形、塑性变形、硬物加入，甚至破坏断裂的抵抗能力。主要包括强度、刚性、弹性、塑性、硬度等性能指标，这些是评价材料力学质量的重要参数，也是选用材料的重要依据。材料的力学性能直接关系到产品设计的形态、制品的稳定性及使用的可靠性、安全性等。与材料力学性能相关的参数有以下几种：

① 强度与比强度。强度是衡量材料在外力作用下抵抗塑性变形和破坏的能力大小的参数。主要包括抗拉强度、抗压强度、弯曲强度、剪切强度和扭转强度，强度是评定材料质量的重要力学性能指标，是设计中材料选用的主要依据。比强度是材料强度与密度的比例，即获得同样的强度所需材料的重量，主要用来比较材料的效率性能。

② 塑性与弹性。塑性是衡量在外力作用下，材料发生无破坏永久变形的能力，主要通过伸长率或断面收缩率来衡量，伸长率大于5%的称为塑性材料或韧性材料，小于5%的称为脆性材料，材料的伸长率和断面收缩率值越大，其塑性越好。弹性是衡量材料在外力作用下产生变形，当外力去除后材料能恢复原来形状的性能。

③ 刚度。材料在外力作用下抵抗弹性变形的能力称为刚度。主要通过弹性模量值来衡量，材料的弹性模量值越大，其刚度越好。

④ 硬度。硬度是材料抵抗外物压入自身表面的能力，也是材料抵抗局部塑性变形的能力，它是衡量材料软硬的一个指标。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度，硬度高的材料表面耐磨性好，耐划伤能力强。

第四节 材料的工艺特性

材料的工艺特性是材料适应各种成型工艺处理要求的能力。材料通过加工成型才能成为产品，并体现出设计师的设计思想。成熟的设计师必须针对不同材质和不同工艺进行综合考虑，并进行设计构思，才能将材料的工艺美通过产品完美地表达出来。不同的材料有不同的加工和成型方法，工业设计材料必须是容易加工和成型材料，也就是说必须具有良好的成型工艺性。如钢铁材料的成型工艺性能优良，而且适用的造型方法很多，可铸造、可焊接、可机械加工、可冲压、可锻压等，所以钢铁材料应用广泛、产品众多。而青铜的成型工艺性不佳、机械加工困难，只能用铸造法成型，因此在工业产品设计应用中受到很大的限制。

4.1 材料的成型加工

设计师面对的材料种类繁多，供选择的工艺方法也是五花八门。但要注意的是，即便是同样的造型采用相

同的材料，由于选择的工艺方法不同，也会产生完全不同的质量效果。因此在设计实施过程中选择实现造型的工艺手段是很重要的。造型初期即应该依据切实可行的工艺条件、工艺方法来进行设计构思。设计师要熟悉所选用材料的性能和各种工艺方法的特点，经反复实践才能更好地完成造型设计。成型加工工艺对设计的影响因素主要体现在以下几个方面。

4.1.1 工艺方法

各种材料的成型加工方法从原理上通常可归纳为以下3种。

① 去除成型，又称减法成型，是指坯料在成型过程中将多余的部分去除而获得所需形态的方法，例如切削加工成型。

② 堆积成型，又称加法成型，是指通过原料的不断堆积而获得所需要的形态的方法，例如铸造成型、快速成型。其中快速成型是一种较新的堆积成型方法，其原理是将材料逐层堆积成型，这种成型方法又称为生长法。

③ 塑性成型，指坯料在成型过程中不发生量的变化，只发生形的变化。比如弯曲、变形、轧制、压延等。

相同的材料和结构方式采用不同的工艺方法所获得的产品外观效果差异较大，如金属板弯曲变形，模具冲压同传统使用手工锤子锻打成型相比，具有成型准确、外观平滑、生产效率高等优点。

4.1.2 工艺水平

材料、结构和工艺方法均相同，但由于工艺水平不同所获得的产品质量也不同。例如，同样的部件需要铸造成型，采用砂型铸造获得的部件精度低，采用熔模铸造零件的精度和表面质量可提高很多。

4.1.3 新工艺的使用

新工艺代替传统工艺是提高产品造型效果的有效途径，随着先进工艺和新技术的不断涌现，如精密铸造、精密锻造、精密冲压、粉末冶金等工艺的应用使毛坯与产品间的差异越来越小。再加工中电火花、电解、激光、电子束和超声加工等工艺的发展，使难加工材料、复杂型面、精密微孔等加工变得较为容易和方便。尤其是快速成型技术的出现和运用，为设计师提供了表达设计思想的有力工具，使之前用传统工艺难以实现的设计得以面世。

4.1.4 工艺方法的综合应用

由于不同的造型方法各具特点，加上实际生产中设备技术水平、加工成本方面的限制，因而不同的造型加工方法对产品造型设计提出的生产工艺方面的要求也不相同。因此设计师要灵活运用多种加工工艺手段，使造型充分表达出材料本身的质地美感，这样才能使造型的外观更富于变化。设计师虽然不直接动手参与材料的加工成型，但是必须了解所设计的产品是否可采用某种技术来加工成型，如果现有技术无法实现时，能否有新技术可供应用。否则必要时需改变原有材料规划，选用其他合适的材料来加工成型，或者改变设计以适应材料的成型加工性。

4.2 材料的连接工艺

连接工艺是指将两个或两个以上的部件（零件）连成一体结构，部件可以是同类材质也可以是异类材质。例如，金属和金属、木材和木材之间的连接是同类材质之间的连接，而金属和木材、金属和塑料之间的连接是异类材质之间的连接。

连接可以分为两类：动连接和静连接。动连接是指被连接件之间能按一定的运动形式做相互运动；静连接是指被连接件之间相互固定不能相互运动。静连接又可细分为可拆连接和不可拆连接。可拆连接是指连接拆开时不破坏连接中的零件，重新安装后可以继续使用的连接；不可拆连接是指连接拆开时要破坏连接中的零件，不能继续使用的连接。静连接主要包括机械连接、焊接及粘接。动连接可分为移动连接、转动连接及柔性连接。

4.2.1 机械连接

机械连接是指各零部件之间的连接是靠机械力来实现的，随着机械力的消除，接头可以松动或拆除。机械连接可采用的连接方式有螺纹连接、铆钉连接、销钉连接、扣环连接和铰链连接等。机械连接的优点是连接快速、连接强度高、耐久性好。缺点是由于大部分连接件（图1-4-1）是金属材料的，因此带来诸如增加重量、接合区域局部高应力、不同材料因温度升高导致的热膨胀系数失配，以及造型上的问题。



图1-4-1 各种连接件

4.2.2 焊接

焊接是通过加热、加压或同时加热加压，用填充材料（有的不用）使被连接件之间产生原子间结合的连接加工工艺，焊接属于不可拆卸连接。焊接主要用于金属件之间的连接，也用于部分非金属部件，如塑料之间的连接。焊接相比机械连接，其优点是可以减轻结构重量节省材料，提高生产效率，易于实现机械化和自动化，接头封闭性好，力学性能高，工作过程中无噪音，而且可采用铸焊、锻焊联合结构，不仅便于成型，还能降低制造成本；缺点是焊接会引起接头部位组织性能的变化，同时焊接还会产生较大的应力和变形。

4.2.3 粘接

粘接又称胶接，是在被连接件的粘接面上均匀涂上粘接剂，利用在连接面上产生的机械结合力、物理吸附力和化学键合力，使同种材料或不同种材料的两个部件紧密联合起来的工艺方法。与其他连接工艺相比，粘接具有如下特点：①能粘接材质、形状、厚度、大小等相同或不同的部件；②接头应力分布均匀；③相比于机械连接方式，是一种可以减轻重量的轻型连接；④对连接处有一定的密封作用，连接不同金属时不产生电化学腐蚀；⑤工艺性好、成本低、节约能源。粘接的缺点是接头的强度不够高，大多数粘接剂耐热性不高，易老化，对粘接接头的质量目前尚无可靠的检测方法。

4.2.4 移动连接

移动连接是指构件沿着一条固定的轨道运动，轨道可以是直线或曲线，通常采用直线导轨、滚珠丝杠、直线轴承等连接件来实现。

4.2.5 转动连接

转动连接是指零部件之间可相互发生转动，通常采用连接构件进行连接。

4.2.6 柔性连接

柔性连接是指被连接零部件的位置、角度在一定范围内可发生变化，或连接构件之间可发生一定范围内的形状、位置的变化，而不影响连接固定关系，如波纹管连接、橡胶柔性连接等。

4.3 材料的表面处理工艺

材料等表面处理工艺是对产品的表面进行一系列形、色、质、光等处理，使之更加宜人更加完美，更能满足人们多方面的使用要求，是工业设计中必不可少的重要方面。表面处理技术的应用可以提高产品的外观质量，给产品带来更高的附加价值，设计中主要采用的表面处理技术一般可分为以下3类。

4.3.1 表面精加工

表面精加工是将材料表面加工成平滑、光亮、美观或具有凹凸肌理的表面状态，通常采用切削、研磨、蚀刻、喷砂、抛光等方法。

4.3.2 表面层改质

改变原有材料的表面性质，可通过物质扩散在原有材料表面渗入新的物质成分，改变原有材料表面结构，如钢材的渗碳、渗氮处理，铝的阳极氧化，玻璃的淬火等，也可以通过化学或电化学反应形成氧化膜和无机盐覆盖膜来改变材料表面的性能，从而提高原有材料的耐蚀性、耐磨性及着色性等。

表面层改质处理的方法主要有化成处理和阳极氧化处理两种。

(1) 化成处理

化成处理是通过氧或碱液的作用，使金属表面形成氧化物或无机盐覆盖膜的过程，化成反应后的覆盖膜对基体材料具有耐蚀保护性、耐磨性，并对基体材料有良好的附着能力，不会轻易从基体上剥落。代表性的有钢铁在氧化剂中形成蓝、黑膜层，称为“发蓝”或“发黑”，分为高温化学氧化和常温化学氧化。

(2) 阳极氧化处理

在适当的电解液中以金属作为阳极，在外加电流的作用下，使部件表面生成氧化膜，膜层厚度可达几十到几百微米。一般铝的自然氧化膜厚度仅为0.01~0.015微米，通过调整阳极氧化作用的电解液及工艺条件等，可以得到不同硬度、弹性、孔隙率及孔径的氧化膜。金属经阳极氧化处理后得到的新鲜氧化膜具有多孔性结构，所以膜层具有很好的吸附性，对各种染料表现出良好的吸附能力，因而经过一定的工艺处理，膜层可染上各种鲜艳的色彩，使其不仅具有防护作用还具有装饰作用（图1-4-2）。

一般而言，铝制品的阳极氧化工艺流程为：铝部件—机械预处理—上挂具—脱脂—水洗—碱洗—水洗—中和—水洗—阳极氧化—水洗—着色—去离子水洗—封闭—烘干—下挂具。

4.3.3 表面被覆

表面被覆是在原有材料表面堆积新物质的技术，根据被覆材料和被覆处理方式的不同，表面被覆处理有镀层被覆、涂层被覆、珐琅被覆、热喷涂等。

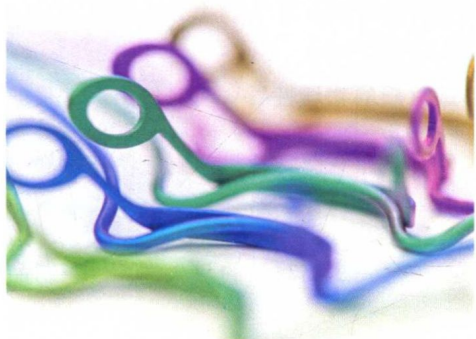


图1-4-2 金属阳极氧化效果

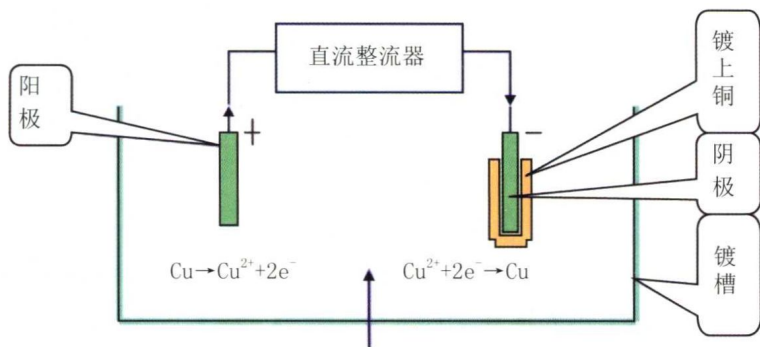


图1-4-3 电镀原理

(1) 镀层被覆

① 电镀。

电镀是通过电解方法在基体表面上获得金属沉积层的过程。目的在于改变基体材料的表面特性，改善外观、提高耐蚀、耐磨及减磨性能，制成特定成分和性质的金属覆盖层，提供特殊的光、磁、电、热等表面特性和其他物理性能等。

电镀的工作原理是：将被镀工件和直流电源的负极相连，将电镀金属和直流电源的正极相连，然后把它们一起放入盛满电镀金属离子盐溶液的镀槽中，当在工件和电镀金属间通入直流电流时，镀液中的金属离子将移向阴极，在阴极金属离子得到电荷产生还原反应沉积在工件表面上，作为阳极的电镀金属将逐渐溶解，不断补充镀层中的金属离子使电镀继续下去直至完成。电镀原理如图1-4-3所示。

常用金属表面装饰电镀有镀铬、镀镍、镀银、镀铜、镀金等。另外，目前已能够在各种非金属基件上进行电镀。非金属材料的电镀与金属的电镀相比，最大的区别是非金属材料大多是绝缘体无法直接电镀，需要给非金属材料制品表面施加导电层，途径主要有涂刷金属或石墨粉、涂导电胶、烧渗导电层等。

② 化学镀。

化学镀是指在没有外加电流通过的情况下，利用化学方法使镀层中的金属离子还原为金属，并沉积在基体表面形成镀层的一种加工方法。化学镀是一个催化的还原过程，又称自催化镀、无电解镀。

③ 热浸镀。

热浸镀是将一种金属浸入在熔融状态的另一种低熔点金属中，在其表面形成一层金属保护膜的方法。钢铁是最广泛使用的基体材料，铸铁及铸铜等金属材料也有使用热浸镀的，镀层金属主要有铝、锡、锌、铅及其合金等。

(2) 涂层被覆

将有机涂料通过一定方法涂覆于材料或制件表面，形成涂膜的工艺过程称为涂层被覆，又可称为涂装工艺。

① 涂料的主要组成成分。

涂料主要由成膜物质、颜料、溶剂和助剂四部分组成。

成膜物质一般是天然油脂、天然树脂和合成树脂。它们是在涂料组成中形成涂膜的主要物质，是决定涂料性能的主要因素。它们在储存期间相当稳定，而涂覆于制件表面后在规定条件下固化成膜。

颜料能使涂膜呈现颜色和遮盖力，还可增强涂膜的耐老化性、耐磨性以及增强膜的防蚀、防污等能力。颜料呈粉末状，不溶于水或油，而能均匀地分布于介质中，大部分颜料是某些金属氧化物、硫化物和盐类等无机物，也有小部分颜料是有机染料。