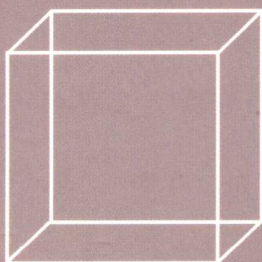


ZHONGGUOGAODENGYUANXIAOGONGYESHEJIZHUANYEXILIEJIAOCAI
中国高等院校工业设计专业系列教材

产品设计工程基础

CHANPINSHEJIGONGCHENGJICHU 编著 刘立红



上海人民美術出版社

TB472
56

ZHONGGUOGAODENGYUANXIAOGONGYESHEJIZHUANYEXILIEJIAOCAI
中国高等院校工业设计专业系列教材

产品设计工程基础

CHANPINSHEJIGONGCHENGJICHU 编著 刘立红



北方工业大学图书馆



00570183

PASS 2/06

上海人民美術出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

产品设计工程基础 / 刘立红著. —上海: 上海人民美术出版社, 2005.1

(中国高等院校工业设计专业系列教材)

ISBN 7-5322-4092-4

I. 产... II. 刘... III. 工业产品 - 设计 - 高等学校 - 教材 IV. TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 131253 号

产品设计工程基础——中国高等院校工业设计专业系列教材

编 著: 刘立红

策 划: 张 晶

责任编辑: 张 晶

封面设计: 孙 青

技术编辑: 季 卫

出版发行: 上海人民美术出版社

(地址: 上海长乐路 672 弄 33 号)

经 销: 全国新华书店

印 刷: 上海市印刷十厂有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 9

出版日期: 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 0001-3100

书 号: ISBN 7-5322-4092-4/T · 18

定 价: 39.80 元

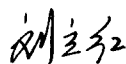
前言

本书主要针对高等艺术设计院校及工科院校中产品设计专业的专业特色,综合在产品设计过程中对设计具有重要影响的工程技术基础知识,结合当前相关科技领域的新知识、新技术进行编写。

希望通过本教材有限的篇幅,在学生有限的学习时间内帮助学生构筑相关工程技术的学科结构体系,了解和掌握其基本术语、基本概念、基本原理和基本研究方法,从而培养学生阅读、理解相关科技文献的能力及积极关注科技领域动态与发展的习惯,搭建与工程技术人员有效交流的知识平台。

编写本书还有一个最重要的目的——培养学生对科学技术的学习热情。本书精选了一些优秀设计案例,它们有个共同特点:技术成就创新,技术成就卓越,技术与艺术完美融合。

有人说:“产品设计是带着技术的脚镣跳舞”,可我要说:“技术如同水对于鱼、空气对于鸟,它赋予设计生命,它使设计之鸟在天空自由飞翔。”



2004年8月于上海交通大学

致谢:

感谢书中所有优秀设计案例的设计者,感谢他们经过不懈地努力与探索将艺术与技术完美地融合。

感谢张同教授的信任与张晶老师的鼓励。

感谢父母及先生李林的关爱与支持。

目 录

第一章	概 论 /1
	第一节 优秀设计—技术与艺术的完美结合 /1
	第二节 技术变革与设计创新 /3
	第三节 与工业设计紧密相关的工程技术 /5
	第四节 设计师与工程师 /6
第二章	材料基础 /7
	第一节 认识材料 /7
	第二节 材料与创新设计 /14
	第三节 材料的发展方向 /20
第三章	金属 /23
	第一节 认识金属 /23
	第二节 常用金属材料特性 /27
	第三节 金属材料成型工艺 /35
	第四节 金属材料的表面处理工艺 /54
第四章	塑料 /58
	第一节 认识塑料 /58
	第二节 常用塑料特性及应用举例 /65
	第三节 塑料成型加工工艺 /73
	第四节 塑料的二次加工 /82
第五章	木材 /86
	第一节 原木与原木加工 /86
	第二节 人造板与板式家具 /97
第六章	结构 /103
	第一节 力学结构 /103
	第二节 材料与结构 /108
	第三节 储运结构 /109
	第四节 可调节结构 /112
	第五节 膜结构 /114
	第六节 可生产性结构 /115
	第七节 人机结构 /117
	第八节 成组技术与模块化结构 /121
第七章	机构与动态设计 /124
	第一节 认识机构 /124
	第二节 机构的应用举例 /132
	课程作业 /137
	参考文献 /138

第一章 概论

工程技术决不是艺术的锁链,相反它如同空气一样使艺术之鸟在天空自由飞翔。

第一节 优秀设计——技术与艺术的完美结合

回顾工业设计的发展历程我们可以清楚地看到,优秀的产品始终是艺术与技术完美结合的产物,优秀的设计师始终关注着技术的进步与未来的发展,探讨和研究新技术为设计所带来的新的可能,最终将新技术与艺术有机地结合在一起,融入设计作品中,技术为他们开拓了更广阔的创造空间。

Charles and Ray Eames 夫妇便是其中最杰出的代表人物,我们可以在他们的每一件作品中看到他们对新技术的探索和应用。以他们对层压板材料及其成型技术的探讨与研究为例,Eames夫妇在注意到层压板这一新材料后,便开始了对这一材料的大量实验,制作了大量的层压板试验雕塑,探讨层压板感觉、使用、成型等特性,在掌握了这一材料的基本特性后,便开始了大量应用性试验,如家具、机翼等的设计制作,最终将材料、功能、艺术形式高度和谐地统一在设计作品中,产生出新材料下的新形式,赋予传统功能新的生命形式。



图 1-1

图 1-1 图中雕塑是 Eames 夫妇对层压板成型特性进行实验的探讨性作品

图 1-2 Emase 夫妇为利用层压板设计美观舒适的座椅而进行的椅身试验作品

图 1-3 通过大量的实验,最终设计完成的层压板材料的餐椅形态



图 1-2



图 1-3

下面再通过 IDEO 设计公司的“Leap”钢架可调整办公椅的设计实例来理解技术与艺术的结合过程。

为了实现这款椅子的钢架弹性结构，四所大学27位科学家耗费四年的时间进行相关的11项研究，以最大程度实现设计需求。例如：如何使椅背的每一个支撑单元都可独立调节，以便其曲面能最大限度地贴合使用者在不同坐姿下的脊柱变化形态，提供最完美的支撑等。最终，这款椅子在座椅技术方面获得30多项专利。

IDEO 的两名工业设计师和一位机械工程师，承担着在不危及和妨碍其基本机构功能正常发挥的前提下，对大量的设计原型进行外观改进的任务，最终实现艺术与技术完美结合，在样式、舒适度及结构方面获得前所未有的成功与赞誉。

图1-4至图1-5 IDEO 对“LEAP”椅的各部分结构均提出了多种解决方案，并通过制作模型或试件进行大量的实验性研究，最终完成了这款艺术与技术高度统一的椅子，成为 IDEO 的经典设计。



图 1-5

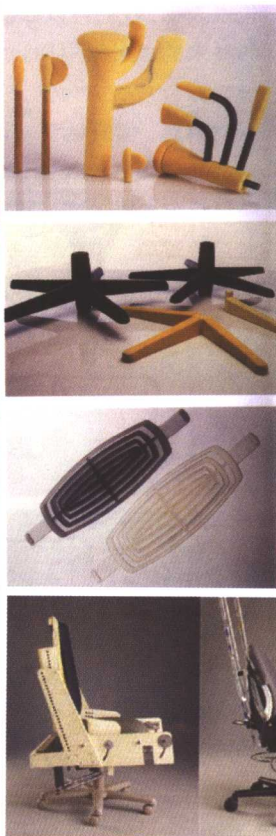
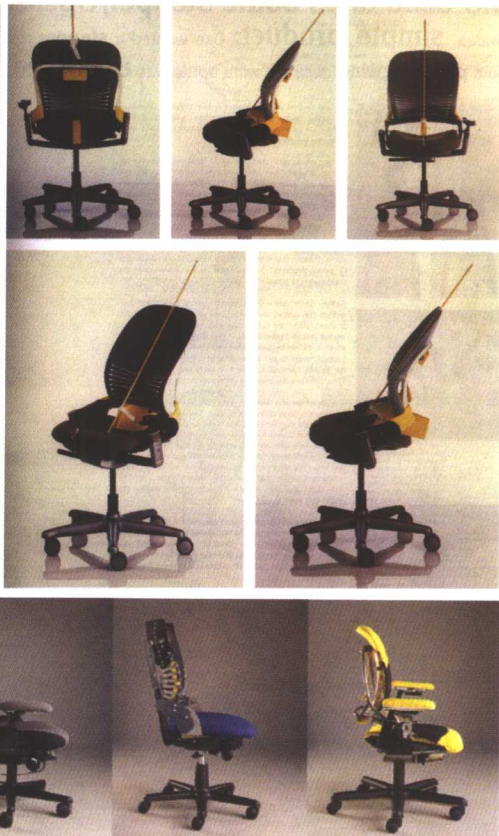


图 1-4



第二节 技术变革与设计创新

纵观人类历史，技术变革往往带来设计领域的重大变革。

以船舶的动力技术变革为例，从远古到现代，船舶的动力技术经历了人力—风力—蒸汽机—燃油机—核动力等发展阶段，与此相对应，船舶的设计也经历了重大变革。

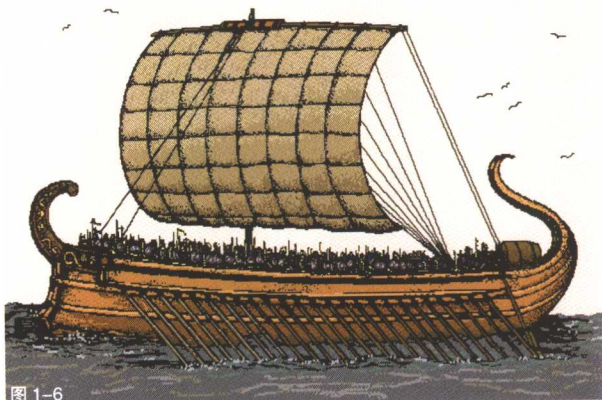


图 1-6

图 1-6 古罗马战船，以人力为主要动力，船体两侧平行分布的桨推动船舶快速前进，成为其动力方式的形态特征。



图 1-7

图 1-7 15 世纪典型的帆船，以风为动力，风帆成为这一技术时期船舶的形态特征。

图 1-8 以蒸汽发动机为动力的轮船，巨大的烟囱及转轮成为这一时期船舶的形态特征。

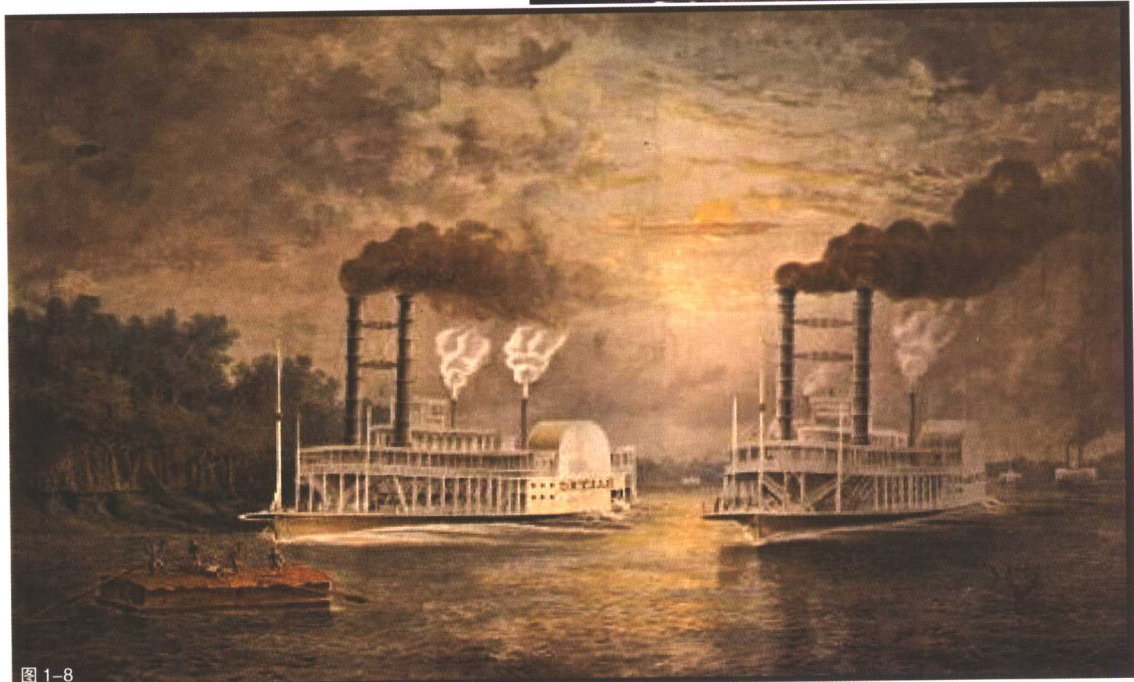


图 1-8



图 1-9

再比如，材料技术的进步是导致设计变革的一个重要因素，这是由于新材料必然具有新特性，新特性必然带来产品在结构形态、色彩及肌理等方面的变化。如图，同是坐具，使用功能的不同产生了凳、工作椅、休闲椅和沙发等不同形式类别，而同一类坐具形式如椅子，又因其所采用的材料的变革而产生了极大变化。

图 1-9 由 18 各组件构成的山毛榉木椅子，设计师 Massimo Morozzi，意大利。

图 1-10 Organic Armchair，材料为层压板，设计师 Eero Saarinen 与 Charles Eames，1940。

图 1-11 Tulip Chair，材料为铸铝与塑料，设计师 Eero Saarinen，1956。



图 1-10



图 1-11

第三节 与工业设计紧密相关的工程技术

在工业产品的设计过程中,会涉及到众多科学领域的工程技术,其中与材料及材料加工相关的材料科学与工程,与结构、运动、动力相关的机械与动力工程学,与人性化相关的人机工程学,与智能化、自动化相关的电子信息与电气工程,与环境相关的环境科学与工程等是工业设计师在设计创新过程中最常遇到的工程技术问题,它们对产品形态、色彩、肌理等设计要素具有直接影响。

工程技术不仅仅是技术性问题,其本身往往就具有艺术性。例如材料,在未经设计师设计加工前就已经具有了其内在的美学价值,木材的肌理、金属的光泽、玻璃的晶莹等;再如结构,合理的结构本身就具有理性的、简约的美,如蜂巢、蛛网;而机构的存在,则为设计带来变化的情趣,如旋转的风车、摇摆的木马、可变形的玩具等。因此,工程技术在许多方面可以被看作是艺术与技术的交叉点。

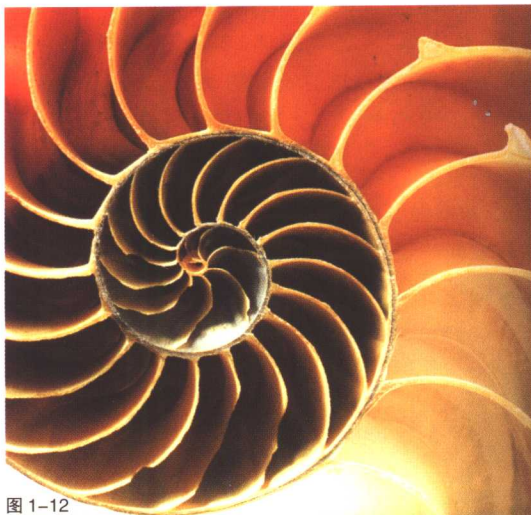


图 1-12

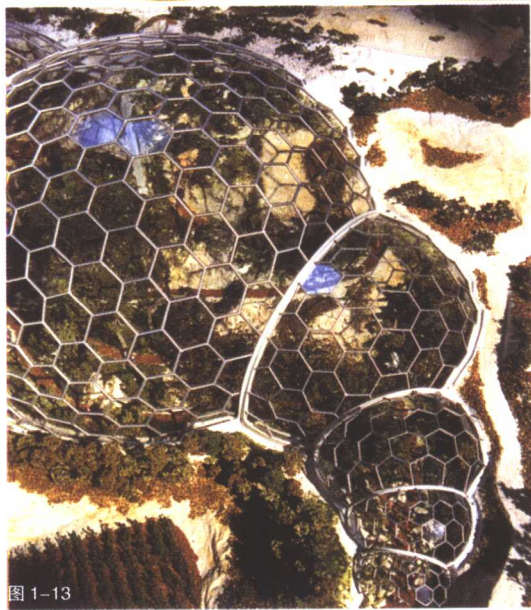


图 1-13

图 1-12 自然结构所体现出的秩序及韵律美。

图 1-13 尼古拉斯格里姆肖与帕特纳斯设计的康沃尔郡伊甸中心,造型借鉴蜂巢结构获得轻盈通透牢固的建筑形式及审美情趣。

图 1-14 蜘蛛将纤细柔软的蛛丝编结成猎捕的工具,蛛网结构充分发挥了蛛丝这种材料的特性,整个结构透露出轻盈与力的美感。

图 1-15 法国画家德兰·安德鲁 André Derain 笔下美丽的 London 石拱结构桥。

图 1-16 旋转的风车不仅实现了风能向机械能的转化,还同时成为田野上一道靓丽的风景。

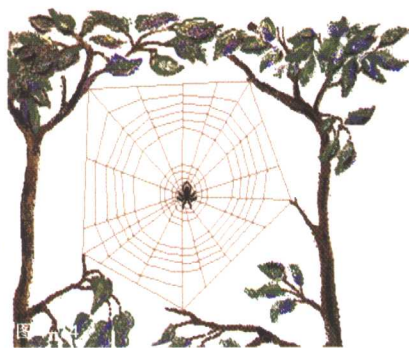


图 1-14

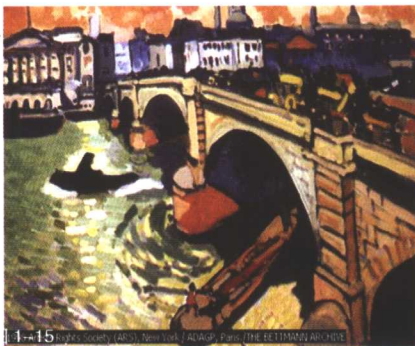


图 1-15

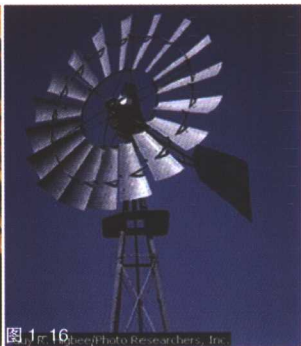


图 1-16

第四节 设计师与工程师

前面所提到各相关工程分属不同学科研究领域,都具有各自坚实的学科基础与完善的学科结构体系,是科学研究领域的独立分支,例如上海交通大学专门成立了材料科学与工程学院、电子信息与电气工程学院、机械与动力工程学院、环境科学与工程学院来从事这些科学领域的研究,每个学院分设多个系、多个专业来从事这一领域的基础及应用研究,由此我们可以看到各领域研究的深度与广度。

以上各专业领域的研究人员都对各自专业有着长期深入广泛的研究,具有扎实的专业基础、理论应用能力,他们被称为这些专业领域的工程师,如机械工程师、电气工程师、建筑工程师、计算机软件工程师等,他们分别从各自的专业出发研究和解决产品设计过程中所遇到的材料、制造、动力、机构、强度、结构等相关问题,保障产品能够按设计目标制造成形,并安全、可靠、稳定地运行和工作。

而工业设计师则主要从市场需求、人的需求、社会的需求等角度出发,通过市场调研、使用现状分析、对象人群生理心理调查、社会文化导向预测等等对产品应具有的色彩与形态风格、尺度大小及所要实现的功能等进行策划,提出设计方案。然而这些方案能否付诸实施,能否从图纸上的蓝图变为最终的物质产品,则需要通过工程师从各方面进行论证,甚至做出实际产品试样,进行干涉实验等。我们在实际生产中经常会看到这样的实例,即设计师提出众多设计方案,在进行工程论证时,却无一能够实现或被改得面目全非。究其原因,往往是由于设计师缺乏基本的工程技术常识,其结果一方面导致设计完全天马行空,如同艺术雕塑,充满艺术想象,缺乏现实根基,另一方面导致缺乏与工程师有效交流的基础平台,无法在设计阶段与工程师有效交流与合作。

因此,工业设计师有必要对工程技术的结构体系、基本概念、基本原理、基本方法进行学习和研究,并长期关注这些领域的动态与发展,在工作中多与工程师交流,从而使艺术与技术更好地互动和结合。

本书由于篇幅限制将主要介绍对产品设计形态与表面质量有较大影响的材料、结构、机构等相关基础知识。

第二章 材料基础

材料是设计师创新设计的重要着眼点之一,设计师通过尝试采用新材料对传统命题进行革新,或借鉴甚至试验新的成型技术、表面加工技术对传统材料的成型性、表面肌理等进行大胆尝试,设计出大量的极具创新性的作品。

但能否将材料与功能有机地结合起来,将材料特性在使用中发挥得淋漓尽致,则有赖于对材料特性的全面、深刻的认识和掌握。

然而当今材料科学日新月异,材料从种类到加工技术都在以加速度发展,因此,与掌握有限的几种材料相比,学习如何全方位把握材料性能的方法及途径,培养应对层出不穷的新材料的能力就显得尤为重要。

第一节 认识材料

一 何谓材料

材料是构成设计对象的所有组成物质,可以是石、木、金属、水等有形物质,也可以是光、影、空气、烟雾甚至是磁场,除人类思想意识以外的所有物质都可作为设计材料。

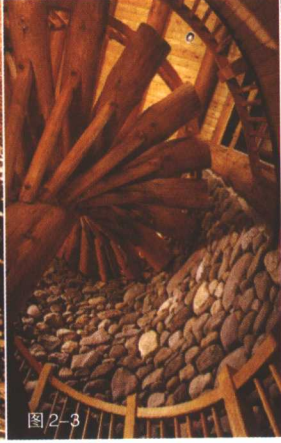
因此,设计师在设计过程中应将设计材料的范畴拓展到最大范围,突破传统,才能独树一帜,开拓创新。

图 2-1 柏拉图吊灯, Harry Allen, 1999。在灯具设计中,光与影等无形材料成为设计的主要构成要素。

图 2-2 无题(局部), Wolfgang Brauner。材料对于设计师来说较工程师具有更为广泛的内涵与外延。

图 2-3 设计师对力与美的鉴赏力通过木屋细部材料得以实现。一根坚实的原木立柱托起这架螺旋楼梯,随着盘旋的轨迹,一根根树枝托起一级级楼梯。精巧的弧形栏杆与强有力的石墙背景,使这架楼梯臻于完美。

图 2-4 高脚桌(局部), Harry Allen, 1997, 为布鲁克林艺术博物馆作永久收藏。材料:再生塑料、胶合板、丙烯酸塑料等。该作品在探索材料的肌理、色彩的表现力方面做出了大胆的尝试。



二 材料的分类

材料学从多种角度对材料分类研究,这些分类方法有助于设计师从多种角度去认识材料,是系统地、科学地、全面地把握广博缤纷的材料世界的最好方法,为设计师开拓对设计材料的想象空间提供理论基础。下面仅例举三种分类方法:

1.按材料的化学结构分类

1) 金属材料

化学结构为金属键的钢铁、铜、金等,原子按顺序规则排列。

2) 无机材料

化学结构为离子键的硅酸盐、玻璃(石材、粘土、宝石等)。

3) 有机材料

化学结构为共价键,主要有塑料、橡胶、

有机纤维(皮、木材等)。

4) 复合材料

由多相材料组合而成,如玻璃纤维增强塑料、碳素纤维、层压板等。

材料的微观组成与结构决定了材料的根本特性,基本结构相同,必然导致基本特性相似,如金与铁化学结构同为金属键,因此它们具有许多金属材料的共性,如良好的热、电传导性,而另一方面金的面立方晶格与铁的体立方晶格的差异导致它们硬度、延展性、塑性等多方面的差异。因此,了解材料结构类型,有助于设计师对材料特性的借鉴、推导和延伸。

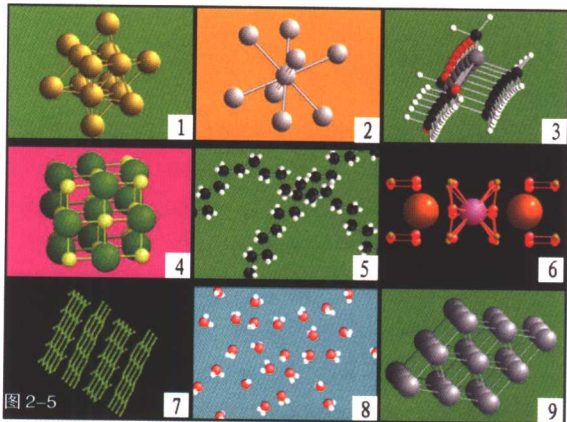


图 2-5



图 2-6

图 2-5 不同种类材料分子结构模型,依次为金、铁、硅树脂、盐、聚乙烯塑料、超导体、石墨、水、钛。

图 2-6 材料的显微结构,依次为铜、石墨、镍、黏胶、分散的水滴、硅芯片、铁、尼龙搭扣、木材。

2. 按材料的形态分类

1) 一次元材料

主要指具有一定断面形态的连续材料，如线、杆、棒、型材等。

2) 二次元材料

主要指平面材料，如薄膜、箔、板等。

3) 三次元材料

主要指具有立体形态的材料，如原木、铝锭、岩石等实心或空心体或空间曲面。

在实际生产中，每一种材料一般都会经过初加工，以一定的形态及规格供应，以满足对材料使用的不同需求，如金属材料常以一定规格和形态的锭、型材（圆、扁、方、丁字、工字、六角形等等）、板材（板、带等）、棒材、管材、丝线（圆、扁、三角等）及其制品（如绳、网）供应，因此充分了解材料的供应规格及形式，可增强设计的灵活性，根据设计需求选择合适的原材料，同时可在设计之初即注意考虑原材料尺寸规格对设计的影响，通过合理设计避免材料的拼接与浪费。

图2-7 铝制套椅，荷兰，Piet Hein Eek，1994。

图2-8 材料大多是按一定规格供应的，因此对材料规格有一定的了解，有助于在设计时合理利用材料，避免材料不必要的浪费或拼接。

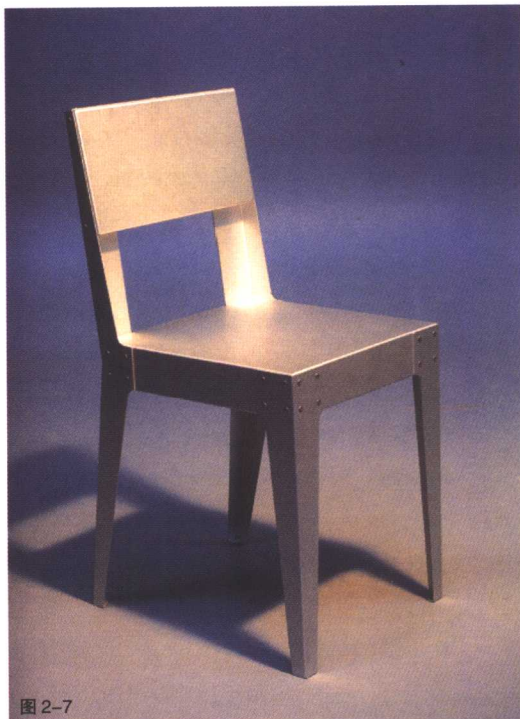
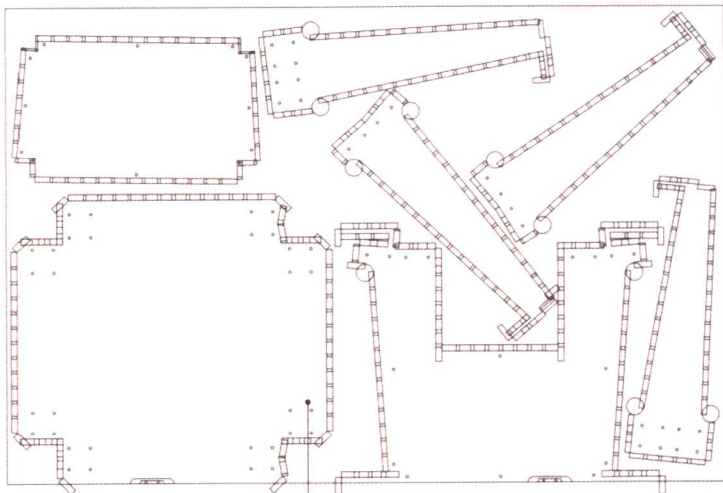


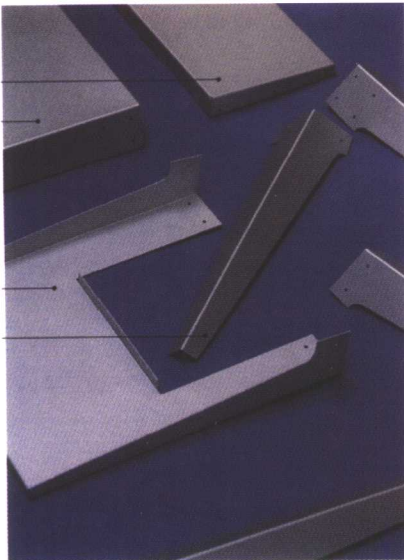
图2-7



组成椅子的7部分图形输入电脑，用电脑控制打孔机和弯制器进行操作。

7部分的孔洞位置图，在阳极氧化铝板上打孔一定要同时进行，各部分使用固定螺栓组装在一起。

图2-8



3. 按材料的发展历史分类

1) 天然材料

主要指天然的各种矿石、大气、水、植物的根茎叶皮、动物的毛皮骨牙等等非人工材料。

2) 加工材料

指利用冶炼、烧结技术加工出的金属材料及陶瓷、玻璃等材料。

3) 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,如合成树脂、合成纤维等等。

4) 复合材料

指两种或两种以上不同材料通过某种工艺方法组成的多相材料,如合金、玻璃钢、混凝土等等。

5) 智能材料或应变材料

模仿生命系统,能感知环境变化并能实时地改变自身的一种或多种性能参数,作出所期望的、能与变化后的环境相适应的高级复合材料或材料的复合,如具有记忆功能的材料。

6) 纳米材料

由尺寸小于 100nm ($0.1-100\text{nm}$) 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光、电、磁、热、力学、机械等性能,纳米技术迅速渗透到材料的各个领域,成为当前世界科学研究的热点,以纳米材料为代表的纳米科技必将对 21 世纪的经济和社会发展产生深刻的影响。

材料的发展拓展着人类的生产能力,推动着人类文明的进步与发展,改变着人类生活,对设计更是具有重大影响。人类对材料的使用将人类历史划分出旧石器时代、新石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁工业时代、塑料时代、硅时代(信息技术时代)……直至今日我们已无法再根据材料来划分时代,首先新材料的研发已进入飞速发展的阶段,几乎每天都有新材料诞生,所以已无时

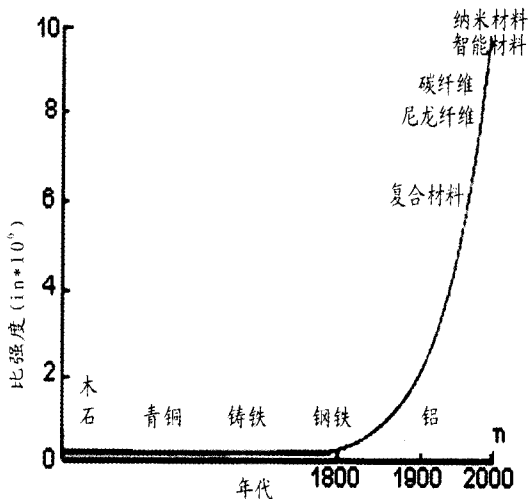


图 2-9 材料的发展，速度越来越快，性能越来越好。

代可言；其次对材料的应用已进入综合应用阶段,多构件制品往往不再由单一材料制成,至于构成汽车、飞机的材料更可达数十种甚至上百种。

材料的历史记载的并不是历史的材料,各历史阶段的材料并没有成为历史,它们始终是构成我们设计的重要组成部分,只是材料较以往更加丰富多彩了。

三 材料特性

材料特性是指材料在使用及加工过程中所体现出来的性能,对材料特性了解得越深入,对材料的理解就越深刻,对材料的应用就越得心应手,材料特性是设计创新、设计可行性及材料选择的重要依据。

材料特性主要包括以下几个层面:

1. 物理特性

包括密度、透明性、导电性、导热性、热胀性、磁性、可燃性等等,是实现或阻绝各种物理现象的重要依据,如密度差异所产生的漂浮现象、折射现象,线圈切割磁力线发电现象,摩擦产生热、静电现象,热胀冷缩现象等等。

2. 化学特性

指材料在各种温度、压力、光、电、磁、生物等条件下对各种介质的化学反应特性及自身可能发生的化学变化特性,巧妙利用或小心避免以上各种化学变化的发生对设计中材料的选择与创新具有重大意义,如自动充气救生设备、快速发泡停机坪的设计等。

3. 力学特性

指材料对外力所导致的弹性变形、塑性变形、硬物压入甚至断裂破坏的抵抗能力,主要包括强度、刚性、弹性、塑性(伸长率)、硬度等性能指标,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,直接关系到产品设计的形态及制品的稳定性及使用的可靠性、安全性等。

对材料力学特性的评价主要参数有:

1) 强度与比强度

衡量材料在外力作用下抵抗破坏的能力大小的参数。主要包括抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度。

比强度是材料强度与比重的比值,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无破坏永久变形的能力。主要通过延伸率或断面伸长率来衡量,延伸率大于5%的称为塑性材料或韧性材料,小于5%的称为脆性材料。

弹性是衡量材料在外力作用下产生变形,当外力去处后材料能恢复原来形状的性能。

韧性模量是单向拉伸力逐渐的由零增加到引起材料断裂的过程中,材料在塑性区内吸收的能量。回弹模量则是材料在弹性区内吸收的能量。比模量则是材料模量与比重的比值。

3) 硬度

衡量材料抵抗其它物体压入自身表面的能力,反映材料局部塑性变形的能力,硬度高的材料表面耐磨性好,耐划伤能力强。

4. 加工工艺特性

指材料适应各种加工和工艺处理要求,最终成为目标制品的能力,以及材料在加工成型过程中所表现出来的特性,如通过何种方法成型、成型方法对结构形态设计有何要求、成型质量是否优良、成型方法是否多样、成型成本是否经济、成型效率的高低等等。

对材料加工工艺特性的学习和了解可增加设计的可行性与创造性,使艺术与技术更好地结合。

5. 人文特性

指材料受地域文化及个人经验的影响,与人的生理感觉、心理感知相关的特性。如材料的质地、纹理、音质、冷暖、软硬、轻重、贵贱、雅俗、亲远、好恶等。

6. 经济特性

指材料经济性指标,包括材料价格、加工成本等。在产品的设计过程中,产品成本的影响因素除材料本身的价格以外,材料的加工工艺性对成本有巨大影响,有时一种材料制

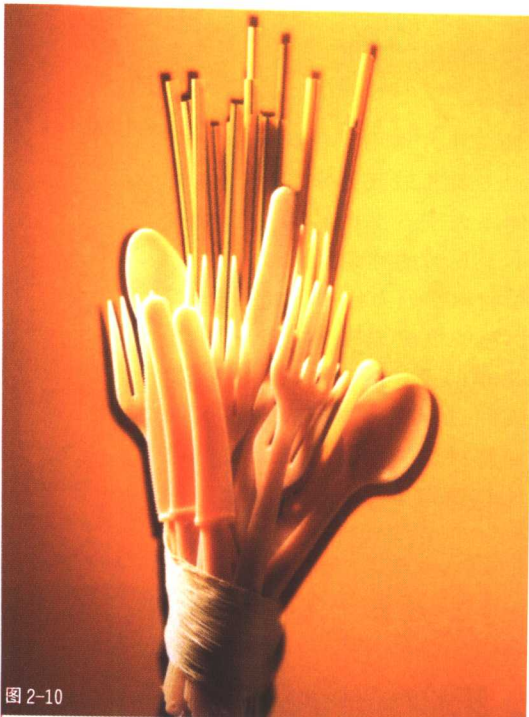


图 2-10



图 2-11

品的价格昂贵很大程度上是由其加工成本引起的,如钛合金制品。反过来,对于加工性能好的材料其竞争优势也就体现在其加工成型简便、成型质量可靠、对成型设备要求低,表面性能优越等方面。

7. 环境协调性

材料的环境协调性是指具有良好使用性能,对资源和能源消耗少,对生态环境污染小,可再生利用率或可降解循环率高,在材料的制备、使用、废弃直至再循环利用的整个过程中,都与环境协调共存的性质。

我们将具有环境协调性的材料统称为环境材料或绿色材料。典型的环境材料有:

1) 生物降解等可降解材料 废弃后可自然分解的材料。如淀粉基塑料、脂肪族聚酯塑料等。

2) 可循环或再生材料 指具有可多次循环使用、废弃物可作为再生资源、废弃物处理耗能少、废弃物的处理对环境不产生二次污染等特性的材料。

3) 净化材料 指能分离、分解或吸收废气、废液的材料。如陶瓷过滤器、吸附材料、废水净化材料等。

4) 绿色能源材料 我们将洁净的能源称为绿色能源,如太阳能、水能等,将对这些能源的有效利用具有重要意义的材料称为绿色能源材料。



图 2-12



图 2-13

图 2-10 扁平餐具, 这些餐具用可自然降解的淀粉基塑料制成, 麦当劳公司将其作为一次性餐具使用。

图 2-11 淀粉基塑料餐具的加工工艺是从淀粉开始的, 淀粉与纤维添加剂合成的 Mater-Bi 颗粒具有与传统塑料相似的特性。

图 2-12 垃圾场对可回收塑料进行分类压缩并打包, 作为再生塑料生产原料。

图 2-13 堆积如山的垃圾对环境造成严重破坏。