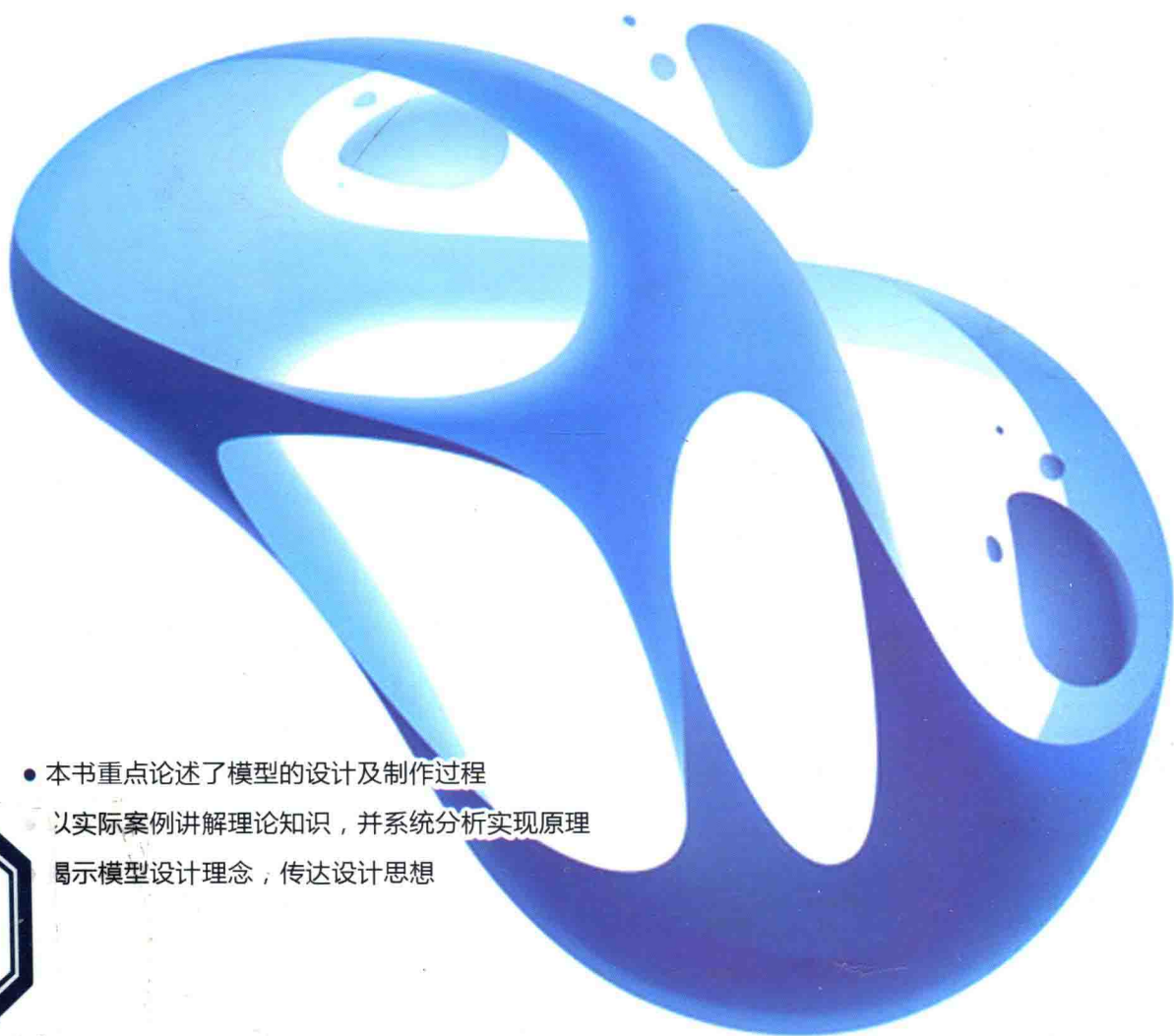


高等院校工业设计规划教材

模型制作

M O X I N G Z H I Z U O

贾红晨 刘志刚 / 编著



- 本书重点论述了模型的设计及制作过程
- 以实际案例讲解理论知识，并系统分析实现原理
- 揭示模型设计理念，传达设计思想



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等院校工业设计规划教材

模型制作

贾红晨 刘志刚 / 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介一

模型设计及制作是设计师设计理念和臆想的较为真实的体现。它要求以三维立体的形式来表达设计，从模型中可以清晰地体现产品的形态、结构、功能及外在表象效果，也是设计师把自己的设计构想与工程师、技术人员、市场销售者进行沟通和研讨的具体媒介。

本书适合作为高职、高专工业设计专业的教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

模型制作 / 贾红晨，刘志刚编著. —北京：电子工业出版社，2014.5

高等院校工业设计规划教材

ISBN 978-7-121-22737-0

I. ①模… II. ①贾… ②刘… III. ①模型—制作—高等学校—教材 IV. ①J529

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第057297号

责任编辑：田 蕾

特约编辑：赵海红

印 刷：北京嘉恒彩色印刷有限公司

装 订：北京嘉恒彩色印刷有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本：787×1092 1/16 印张：6.5 字数：166.4千字

印 次：2014年5月第1次印刷

定 价：49.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

参与本书编写的人员有张俊英、陈旭、梁惠萍、黄晓瑜、吴琳红、叶德辉、庾萍、张立富、盛强、贾红晨、王美娜、颜欢、张启眉、陈胜、姜洪奎。

丛书编委会成员

(排名不分先后)

赵 博	戚 彬	王建华	刘春媛	隋凌燕
贺松林	姜 勇	张 泉	李 达	徐淑芳
艾 萍	王天健	李 艳	张蓓蓓	姜洪奎
崔闽清	史淑慧	刘 进	范波涛	李 华
沈学会	尚 凯	陈 旭	黄晓瑜	庾 萍
田 蕴	毛 斌	王馥琴	叶德辉	孙宁娜
张 凯	贾红晨	刘志刚	黄晓燕	许 强

出版说明

DESCRIPTIONS

艺术学院与机械工程学院中相关专业均可选取本套教材。

主要专业

本套教材可服务的专业主要有：工业设计、产品设计、模具设计与制造、数控加工与制造4个专业。

专业名称	专业培养目标
工业设计专业	系统地掌握本专业必需的基本理论知识和必备的基本技能及方法，具有较强的实践动手能力，适应全国经济建设和社会发展需要，适合具备汽车、家电、家居饰品、首饰等产品造型设计能力的高级应用型专门人才学习
产品设计专业	掌握本专业必需的基础理论与技能，具有独立创新和一定的审美能力，具有较强的产品电脑设计和造型设计能力，具备现代工业产品造型设计、产品包装设计、产品生产管理等方面能力的高素质技能型人才
模具设计与制造专业	培养模具设计与制造的高级应用型技术人才，毕业生可从事企业生产所需模具及其工装的设计与制造、模具装配与调试、模具企业经营与管理工作
数控加工与制造专业	掌握本专业的基本技术知识，具有扎实的理论基础、精湛的操作技术，具备解决复杂工艺难题的能力，可作为熟练掌握数控加工工艺和数控加工程序编制方法，熟练进行数控加工设备的操作和维护的生产第一线技术骨干和生产现场的技术带头人的参考书

教材特色

- 创新性——突出科技与艺术的结合，体现现代工业设计领域的新技术、新材料、新工艺，引领未来工业设计领域的发展趋势。
- 系统性——涵盖工业设计专业的所有学科，特别是新兴学科，对于新开本专业的院校具备一定的指导性。
- 实用性——突出以人为本的理念，强调培养个人能力为目标，注重针对学院培养实用性人才策略。
- 环保性——教材内容强调绿色、环保、节能理念，并具有可持续发展性。
- 延展性——教材编写者均为业内知名教师与一线设计名家，后续可以为广大教师与学生提供完善的交流学习平台。

根据课程的特点，为教师开发了相关配套教学资源，以教材为核心，从教师教学角度出发，为教师提供了PPT教学课件、电子教案与学时分配建议表，可以大大提高教师的教学效率。

根据每本教材的不同，有针对性地为学生提供相关的练习素材与拓展训练，方便学生练习使用。为了方便使用本套教材授课的教师与本套教材编写专家沟通，特创建了“教师授课交流QQ群，可容纳1000名教师同时在线交流”。获取以上教学支持的方法如下：

电子邮件：ina@fecit.com.cn;kdx@fecit.com.cn

联系电话：010-88254160

教师QQ群号：218850717（仅限教师申请加入）

前言

所谓设计，就是一个设计师从相对模糊的设计理念或臆想，到逐步形成产品样制，再到最后完善的过程。模型设计及制作是产品设计至成型定制生产过程中不可缺少的一个步骤和环节。

模型设计及制作是设计师设计理念和臆想的较为真实的体现。它要求以三维立体的形式来表达设计。从模型中可以清晰地体现产品的形态、结构、功能及外在表象效果，也是设计师把自己的设计构想与工程师、技术人员、市场销售者进行沟通研讨的具体媒介。

在现代以计算机为手段的设计形式中，虽然 CAD、CAID、PROE 等诸多的技术手段已经可以很好、很迅速、很标准地在计算机设计平台上实现设计过程，甚至更先进的计算机设计平台可以从设计草图直接过渡到设计模型的生成。但传统的模型设计及制作仍然是当今产品设计不可缺少的一个表达手段。这种表现手段的真实性和现场感是其他计算机手段所无法比拟的。当然，这也不是完全否认计算机辅助手段在设计上的重要作用，至少计算机手段在设计的前期流程上很有效地提升了工作效率，仍是一种有效可行的辅助手段，但在产品设计后期的表现上与设计师人为的、无拘无束的、淋漓尽致的设计思维与表达形式仍不能相媲美。

本书的编写是在长期的教学过程中积累的丰富经验和实际产品设计课题中的体会下形成的一个较为全面、系统、完善的一个教学与科研的积累，同时借鉴了其他方面的理论知识和成熟操作经验。书中主要以产品模型的设计及制作来展开。重点论述了模型的设计及制作过程、各种材料的特性及加工工艺和技术手段。希望本书能对同仁和学生们的学习、工作有所帮助。

目 录

第1章 模型概述	1
1.1 模型的用途及其发展	2
1.2 模型制作学习目的及课程目标	9
1.3 模型的分类	10
1.4 模型制作的原则	11
思考题	13
第2章 模型制作的前期准备	15
2.1 精确的模型设计图纸	16
2.2 模型制作的常用材料准备	17
2.3 模型制作的常用工具准备	17
2.4 模型制作的心理准备	18
思考题	18
第3章 模型的材料种类及制作	19
3.1 纸质模型	20
3.2 石膏模型	22
3.3 陶土模型	24
3.4 油泥模型	26
3.5 玻璃钢模型	29
3.6 ABS板模型	33
3.7 泡沫塑料模型	35
3.8 木质模型	37
3.9 金属模型	40
思考题	42
第4章 产品模型的装饰艺术	43
4.1 产品模型的装饰意义和作用	44
4.2 产品模型的表面细化处理	44
4.3 产品模型的涂饰技术	46
思考题	47
第5章 室内展示模型的制作	49
5.1 室内展示模型常用材料介绍	50
5.2 加工工具及工艺	51
5.3 室内展示模型的制作要点	52
思考题	52
第6章 实践演示与模型赏析	53
案例一：法拉利V4概念摩托模型	54
案例二：莱卡S-2相机模型	62
案例三：游艇E5010模型制作	74
作品赏析	81
参考文献	98

第1章

模型概述

本章重点

- ◆ 讲解模型制作在现代工业设计中的重要作用。
- ◆ 了解模型的各种分类及各自用途。
- ◆ 理解模型制作的基本原则。

学习目的

- ◆ 通过对模型制作相关知识的概略讲解使学生初步确立模型制作的概念范畴和存在意义及在整个产品设计过程中的重要作用，解开模型制作的神秘面纱，提升学生的学习兴趣 and 自信心。

1.1 模型的用途及其发展

模型,首先是一种设计的表达形式。它是以接近现实的、一种立体的形态来表达设计师的设计理念及创意思想的手段,同时也是一种使设计师的意图转化为视觉和触觉的近似真实的设计方案。产品设计模型与市场上销售的商品模型是有本质区别的,产品模型的功能是设计师将自己所从事的产品设计过程中的构想与意图通过接近或等同于设计产品的直观化体现出来。这个体现过程其实也是一种设计创意的体现,它使人们可以直观地感受设计师的创作理念、灵感、意识等诸要素,如图1-1所示。

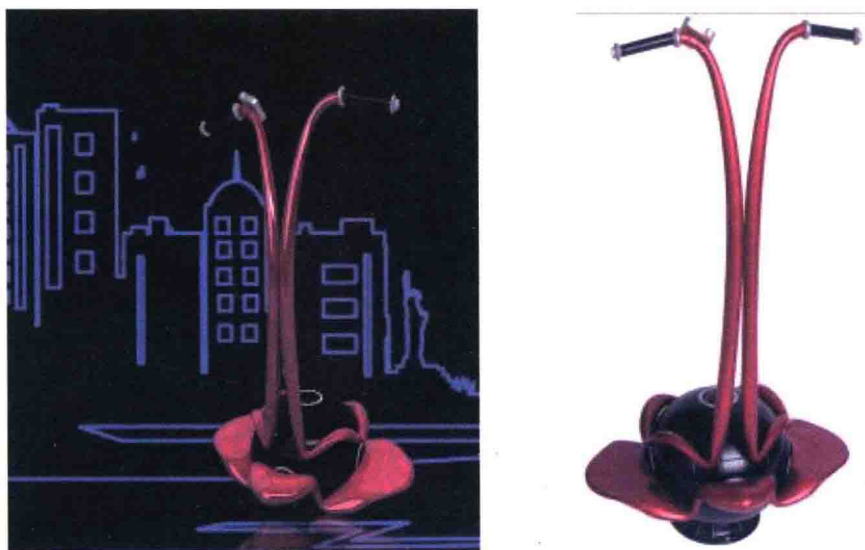


图1-1 效果图向模型的转换

模型制作有着不同的层次和要求,以致设计模型的用途也呈现出不同的范围,我们大致可以从以下几个方面来认识一下。

1. 创意推敲过程

设计师最大的价值是设计创意,这是一个不断肯定而又不断否定的思考过程,需要不断地试错和纠错,因此,需要一个把思维物化的工具帮助推敲和修改,设计模型就是这样一个工具。

设计模型在各个阶段起的作用是不同的。在创意设计阶段,设计师需要捕捉最原始的灵感火花,这个灵感可能来自某个自然界物体或某个产品的变形发展,也可能是一种朦胧的意境。但不管是哪一种,它们首先都是一种不同抽象程度的感觉,然后才是感觉的具象化。模型是设计的立体表现方法,模型制作首先就是用于创意设计时的立体思考和推敲。这种借助简单制造工具在材料上“制造草稿”的做法,能把设计师从冥思苦想中带到生动形象的立体创造意境中去。因此,设计模型是工业设计师们有别于平面设计、环艺设计的一种独特的思维和推敲方法。

通常寻找和捕捉灵感最快捷的方法是用纸和笔勾画出造型的轮廓，但在大多数情况下这种轮廓表现的只是平面感觉，粗糙且不完整，很多三维的形象造型要素在草图中很难体现。使用计算机进行三维创意也是激发、产生灵感的好方法，借助熟练的计算机使用技术和一些快速生成的几何形体，可以调动脑子里积累的产品造型资料，激活思考本次设计的创新途径。但是和快速制作草模型相比，上述方法都缺少思维过程的实时具象三维表达，而这种表达需要动手制造才可能同步进行。可以形象地把草模制作过程称为“用手思考”，把用手思考和用笔、用计算机思考有效地结合起来，才能最敏捷地捕捉到那一闪而过的灵感火花。注意，这里说的是草模制作，而不是草模使用。这和设计后期把具有高表现力的仿真模型和实物模型委托专业的模型制造企业完成的模型有本质区别，如图1-2所示。

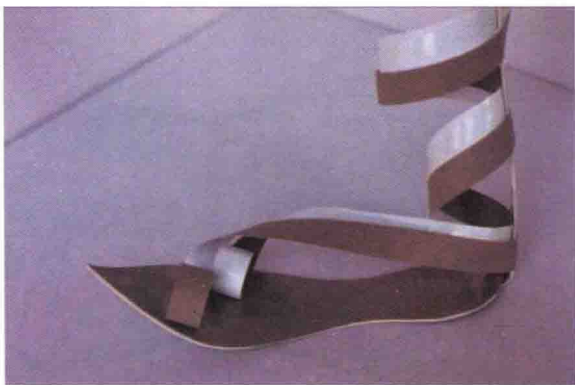


图1-2 用卡纸制作的鞋子的草模，主要用于推敲曲面的可行性

模型制造企业的出现是提高效率的一种社会分工。由于先进的制造技术和市场竞争的原因，模型的真实表现力要求越来越高，制造时间也要求越来越短，因此推动了相关的各种服务。除此以外也有人认为，设计师花费大力气亲自制作仿真模型后会由此产生偏爱，不利于坚决否定设计，因此交给别人制作比较超脱，能够客观冷静地看待设计的好坏。也有人认为，这和国外保障专业的模型制作工人合法的工作权益有关，要求将高表现模型委托给这些以制作模型为生的人们制作。但不管怎样，变化不定而又低值的草模型只能由设计师自己完成，这在哪方面来说都能够成立。

人们常说心灵手巧，其实心灵者未必手巧，而手巧者则一定心灵。很多脑子动得快的人动手不一定准确利索，而能工巧匠却不可能是个愚笨的人。从生理的角度上来看，手的活动和脑的思维在很大程度上是相互促进的。

中国工程院院士、山海华山医院手外科主任顾玉东教授曾指出，大脑的创造性思维离不开动手实践，手是人脑进化的动力。从大脑皮层显示的信息来看，手部在大脑皮层所占的面积最大，接近 $1/3$ 。当人的手指做简单的运动时，脑的血流量比不动手时增加 10%，做复杂精巧动作时，脑的血流量可增加 35% 以上。脑血流量的增加有利于思维的敏捷，因此可以说“手是人的第二大脑”，动手实践是人类获取知识和能力的最重要途径。他呼吁人们重视手脑并用，并提出：“现在一些高科技的发明部分替代了手的作用，但我要告诫大家，凡是要做前人没有做过的事，都得从动手开始。”

由此可见,模型制作有其生理意义上的理论根据,既动手又动脑思考创意的生理本质就在于最大限度地调动整个大脑的全部开发能力,这样做才能拥有最高的创意效率。

一个现象可能使有些人仍然对设计师动手做模型的必要性存在疑问,因为实践中经常可以发现,有时缺乏草模或自己不做草模对于一些设计师影响似乎不大,那是什么原因?

对此需要指出的是,那些设计师几乎无一例外是资深设计师,缺少草模对于他们可能不是一个太困难的问题,因为他们能够借助以往的设计经验和出色的创意能力,较好地把立体形态和结构细节弥补上去,想象的东西能够在纸上或电脑上很快变成一个明确的概念形象。但对于许多年轻的设计师而言,用动手帮助思考就不能忽视,特别是创意前期感觉还比较朦胧的时候,可以借助草模和设计团队的成员直观地进行交流沟通,共同策划出正确的创意方案,使设计思想更快地得到确认和获得信心,如图1-3所示。

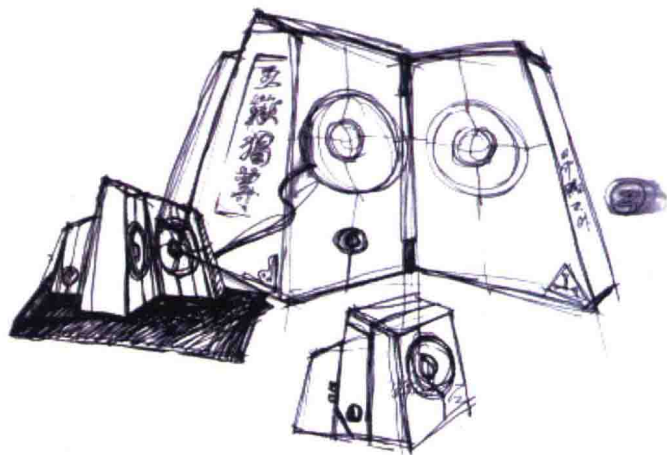


图1-3 草图的分解表述对于模型的制作有着重要的作用

实践证明,对一些带有自由曲面的造型创意进行推敲时,笔和计算机都显得束手无策,只有通过设计师实际动手制作草模才能理解曲面的变化,从而最终完整地表现创意意图和找到合理的设计。

曾供职于微软的 Google 全球副总裁兼大中华区总裁李开复曾表示, Google 对人才的要求是每位工程师不但要有创新想象的能力,还必须亲自动手做,简而言之就是要求工程师既可以创新又可以实践。

可见,动手应该是创新推敲的组成部分。设计师在思考工业设计方案时,制作草模就是动手思考。

著名的包豪斯工业设计教育体系的重要组成部分就是将课堂搬进作坊,动手动脑结合,使思维在动手中得到强化,并引申到灵活运用有关的工业知识。目前各设计院校和设计机构都重视草模对创意灵感的表达,在这类草模的推敲应用中,许多有价值的想法在刚露头角的朦胧时期就能够得到同行和客户的肯定和好评。

创意草模既然是工业设计的快速表达方式,就需要相应的快速制造材料和工具,以及低廉的人工和材料费用。目前,草模的制作材料已从原来的石膏、纸、木材等普遍材料转变为

更加灵活、更方便、更节省时间的发泡塑料，以便适应目前求证设计方案的快速变换的要求，而且制作精度不错。一般情况下，借助量具和样板，即使是松软的 EPS 发泡塑料草模的大尺寸误差一般也只有 3 ~ 5mm，要求高的部分可以达到 1mm 左右，用作创意方案推敲足够了，如图 1-4 所示。



图1-4 发泡塑料及其加工工具

2. 设计交流过程

设计交流主要是指对客户或上级进行设计阶段成果汇报，届时除使用效果图外，还需要使用仿真模型（实体模型）进行形象交流。这是因为客户没有经过专业的设计训练，不善于将色彩和某些造型表现简略的草模想象成实物效果，因此必须使用仿真模型。

仿真模型的外观和设计高度一致，但内部没有功能部件，甚至可以是实心的，因此仅仅是一个有用的外形。港台企业将仿真模型称为“手板”，也有的称为“首办”，意思是手工制作的第一个样品，但在一些场合延伸到了手工、半手工制作的模型称谓。现在这个称呼也流传到了国内，在一些设计网站和模型制作机构的介绍中使用“手板”这个名词，如图 1-5 所示。



图1-5 制作精致准确的手板模型是与客户沟通的好桥梁

没有什么能比反映真实情况的模型更适合设计交流。从某种意义上讲,效果图具有相当的欺骗性,在透视、色彩、肌理、灯光、场景、艺术处理(如虚化、渐变等)等手段的使用下,即使是一个简单的立方体也能变得讨人喜欢。另外,计算机模型和三视图的强烈专业感也会轻易获取普通用户的信任,计算机建模中充满神秘感的密布网格、三视图中密布的中心线等,都增加了图面的整齐和专业性,容易获得客户的盲目信任,而无法发现真实产品可能存在的隐患。例如,效果图上漂亮轻巧的造型做成实物后可能会发现,它是一个体量庞大的笨拙产品。相反,模型使人们提前零距离地接触了最后的实际结果,因此没有误差和欺骗,真实可靠。

在大多数情况下,仿真模型是1:1的实体模型,以便形象地表现产品的设计意图并初步了解其外观的人机工学关系。根据具体情况,仿真模型有很多材料和工艺可以选择。如实心或空心的塑料模型(家用电器等)、玻璃钢制作的薄壁容器类模型(车辆罩壳等)。有时候为了验证部分设计,如汽车外部保险杠和大包围的设计,也可以只做下半部分,如图1-6所示。



图1-6 福特汽车的改款设计

3. 验证设计成果过程

低成本验证设计成果包括市场价值、工艺价值和使用价值。

1) 验证市场价值

为了避免市场风险,企业总是努力在产品正式投入前对其价值做出正确判断,模型的使用给企业和设计师提供了和竞争对手直接比较的生动可靠工具。例如,把制作出的逼真的仿真模型带到客户面前,直接听取对这种设计的评价和建议,以便决策是否继续开发或者投产;一些市场经济发达的国家地区甚至可以凭着看样订货的合同向银行贷款以全力推进产品迅速上市。和产品投产上市后发现有问题并采取召回相比,用仿真模型验证产品市场价值的成本极低,如图1-7所示。



图1-7 模型样机有助于验证产品的市场价值

2) 验证工艺价值

模型制作使设计最终以实体形态展现出来,设计师对真实的、可接触的设计模型进行体

检后, 可对设计方案进行进一步的推敲完善, 使其更适合实际开模和生产。实现这个目标的模型是实体模型, 由于拥有和成品完全相同的结构细节, 而且具有近似的强度等物理特性, 因此实体模型可用于验证设计的各种工艺性, 包括制造工艺性、装配工艺性和维修工艺性。

目前, 很多实体模型都已经使用数控制造, 借助计算机仿真加工可以事先利用数据库和专家诊断系统评价其加工工艺性; 一些小尺寸产品 (如手机、数码产品等) 还可以直接在模型上装配、试用和拆分, 了解装配、维修工艺性。这种借助计算机网络的协同设计和管理模式可以达到极高的工作效率, 而且这一系列工作的成本极低, 如图 1-8 所示。



图1-8 结构样机有助于解决产品的装配问题

3) 验证使用价值

模型给设计师提供了验证使用价值的机会, 这种验证借助于飞速发展的先进制造技术, 不但可以快速低成本地制造外形极其精确的实体模型以验证产品的技术价值 (如为交通工具提供风洞实验的精确实体模型), 还可以小批量的制造与终极产品的结构、材料几乎完全一致的样品, 用来验证产品真实的人机工学价值, 如图 1-9 所示。



图1-9 样机模型用于风洞试验

除了传统的真实模型外,现代科技提供的计算机虚拟模型还能更低成本地验证设计,不但可以轻易解决以往机械设计中大量的计算难题,如零部件空间运动和干涉情况、物理数据(质量、重心、转动惯量等)的计算求取等,还能在很多特殊情况下将产品实用价值的验证结果表达出来,如汽车碰撞后的安全情况等。这种验证和效益相比,其成本几乎为零,而且便于直观地分析和确认,这已经成为重要设计中必不可少的评价手段,如图1-10所示。

综上所述,产品模型也是设计师与工程师、工艺师、市场分析师等实际生产及销售人员进行有效交流、研讨、评估及进一步调整设计的必要媒介。设计师的设计表达和设计过程通常是先绘制出预想图、平面图和施工图,即可完成初步设计方案。如果要进一步增强其设计的真实效果与技术人员沟通及与消费者进行使用性评估,以检验所设计产品的市场真实愿景,就需要模型制作这种方式来实现了,如图1-11所示。



图1-10 样机用于碰撞试验



图1-11 设计师正通过油泥模型进行设计沟通

模型制作通常不会过于复杂,因为它的功能基本上是产品表面化的体现。这个工作现在大多是用专业的模型公司来完成,设计师只要监督其最终效果即可。但模型在设计及制作过程中必须遵循如下原则和标准。

(1) 明示性:模型产品必须充分体现设计师的设计意图和理念,特别是在创意亮点上更是如此。所以说,模型制作不是简单的复制和刻录设计作品,而是更加明晰阐释创作者的设计意图和创意亮点,不必要的造型细节和材质特征是可以简略、概括处理的。

(2) 真实性:虽然模型不是真实的最终产品,但必须最大程度上接近和反映创作者所要表达的特性和品质。因为模型往往是最终产品的体现,所以模型的材料、质感、色彩等必须最大程度上接近最终产品。

(3) 交流性:模型是设计师与技术人员及消费者进行产品设计交流的重要媒介。设计师要通过产品模型来表达设计思维和理念,技术人员要通过模型来解决和研究其生产的可行性及价值。消费者要通过模型来感觉其产品的使用价值。

1.2 模型制作学习目的及课程目标

工业设计是综合性的边缘专业,包括艺术、技术和商业,因此工业设计师应该是知识全面的人。模型的制作过程有助于学生全面理解、掌握、运用工业设计知识,对于艺术院校的学生尤其重要,模型制作容易使学生掌握和接触以机械工程为主的一系列相关知识,其课程目标大致有以下几方面内容。

1) 工具使用技能

工具不仅是单纯的制造器具,还是工业设计专业学生体会、贴近工程技术和制造业的一个媒介和途径。工具的使用能使人们置身于制造氛围中,培养对工业设计的“工业”意识,更好地理解工业设计和环艺、平面、多媒体设计的区别。

2) 量具的使用技能

计量器具广泛地存在于人们生活中,量具的制造和使用始终在制造业中具有至高无上的地位。在工业设计传统模型制作中,量具的精度一般,种类也不多,主要是尺寸控制类工具,也有简单的形状控制量具,基本上没有位置控制的综合量具。实验室常见的具有计量资质的量具有游标卡尺、高度游标卡尺、直角尺、R规等。量具使用技能是工业设计学生的动手能力标志之一,而量具操作的严格规范也有助于培养学生注重科学、一丝不苟的良好作风。

3) 机械制图技能

工业设计的制图属于机械制图范畴,但具有本专业的一些特点。工业设计的学科交叉型要求设计师熟练地掌握制图技能,除了按教科书的理论学习外,还必须借助模型制作的实践机会熟练和理解制图。

4) 产品测绘技能

产品测绘结合了量具使用、机械制图、设计分析等技能要素,是工业设计师在改良产品时必须掌握的操作技能,而这种学习技能的最好方法就是通过模型制作逐渐掌握。

5) 材料基本知识

和观摩相比,亲手制作模型对不同材料和不同工艺的对应关系感觉更真切。制作中常用的材料主要有泡沫塑料、ABS板料等,还包括玻璃钢及加工要求较高的一些轻型金属等各种材料。

6) 工艺分析技能

工艺分析和设计的关系密切。工业设计是人们预先安排机器制造结果的创造活动,需要遵循机器制造的规则,这个规则的重要组成部分就是制造工艺的分析。

7) 全面理性思考能力

工业设计的模型制作具有明显的工业色彩,工艺逻辑性强,材料分析全面,需要学生产

密思考，有利于培养学生的理性的思考能力，以适应今后的工作环境。

8) 产品结构理解能力

模型是了解产品结构最好的对象，即使是只有外表的实体模型也能提供壳体的基本结构，更不要说还有许多不罩外壳的产品，如自行车。

1.3 模型的分类

模型制作不是产品设计的终结，而是设计过程的中间环节，在模型制作过程中，设计师要根据设计过程的不同阶段来进行不同形式的产品模型表达，以达到不同阶段的设计目的及验证结果。

(1) 产品创意草摸：主要以设计预想图为主，如同设计师以大量的草图形式来涌现设计创意，简单、快速而有效地从中捕捉设计灵感。主要作用是抓住灵光一现的设计意图进行整体定位；或者是简单的技术验证，以达到快速确定产品的视觉体量及局部的人机工学的合理性，如图 1-12 所示。

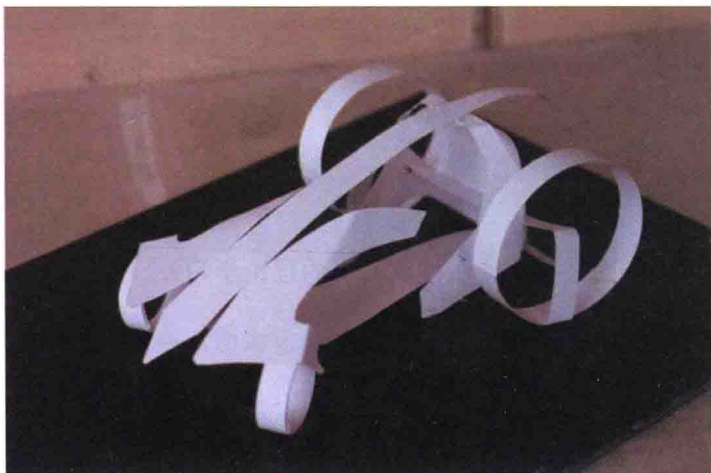


图1-12 简单的纸模型用以捕捉设计的基本比例及线面结构

(2) 功能验证模型：一类模型的制作目的主要是用来验证产品的设计中某项功能可行性和合理性，如内部主板的布局是否合理和机械结构的配置是否可行等，如图 1-13 所示。

(3) 表现性模型：这个阶段的模型仍然以创意体现为主。体现的是产品整体性的外观意图及主要设计亮点。这一类模型有助于后期流程中的造型细节调整和局部材质选择。

(4) 完善性模型：又称样机或者手板，是在上述设计表达的基础上展开较完善的产品模型制作，从而最终表达产品的外观、功能、结构性，如图 1-14 所示。