

图解产品设计模型制作

(第二版)

高雨辰 兰玉琪 编著

Illustrated Model Building of Product Design

MODEL BUILDING

中国建筑工业出版社

图解产品设计模型制作

(第二版)

高雨辰 兰玉琪 编著

Illustrated Model Building of Product Design

MODEL BUILDING

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

图解产品设计模型制作/高雨辰, 兰玉琪编著. —2版.
北京: 中国建筑工业出版社, 2011.12
ISBN 978-7-112-13524-0

I. ①图… II. ①高…②兰… III. ①产品模型—设计—
图解②产品模型—制作—图解 IV. ①TB476-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第177313号

责任编辑: 李晓陶
责任设计: 陈 旭
责任校对: 姜小莲 关 健

图解产品设计模型制作

(第二版)

Illustrated Model Building of Product Design

高雨辰 兰玉琪 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联 (北京) 科贸有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 889×1194 毫米 1/20 印张: 8 $\frac{1}{2}$ 字数: 300千字

2011年11月第二版 2011年11月第五次印刷

定价: 38.00元

ISBN 978-7-112-13524-0

(21316)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

当今，工业设计发展迅猛，工业产品设计师通过对科学与艺术的完美结合以及多学科知识体系的综合运用，创造性地构思了既具备科技因素，又富含艺术气息和文化内涵的新的产品设计理念，符合人们需要的、合理的产品设计理念最终要以产品的形式表现出来。

通常情况下，现代工业产品的生产在正式投产之前要经过产品模拟表现环节，通过模拟表现用以综合验证产品设计的合理性。长期的设计实践证明，进行产品立体模型制作是一种模拟表现产品的有效方法，设计师通过产品模型制作的过程不但能将设计内容具象化，以此表达设计概念、展现设计内容，更主要是通过产品模型的制作过程可以提前预测、反馈和获取重要的设计指标，为后续生产实施过程提供了可进行综合分析、研究与评价的实物参考依据。产品模型制作是实现从研发到正式生产之前的关键环节与重要保障，如何在设计阶段通过产品模型综合展现未来产品的设计内容是设计师设计能力的重要体现。

作为一名优秀的工业设计师不但要具备知识的综合运用能力，还须具备创造性的表现能力。作为一种非常便捷且十分合理的设计表现方法，产品设计师应该熟练掌握产品模型制作的方法与过程，以期帮助自己分析、解决诸如产品的形态效果、人机尺度分析、产品功能实验、结构分析、材料运用、加工工艺等诸多设计要素之间的关系问题。模型制作与表现过程实际是设计的再深入过程，只有在设计表现过程中才能不断修改与完善产品的设计内容，尽量避免设计中非合理性因素的出现。

另外，设计师不要简单地将模型制作过程理解为只是将二维平面的设计表现内容转化成三维实体的过程，倘若如此，模型制作过程便失去了真正的含义。产品模型应该由设计师本人完成，这是一项设计师本人必须承担而非他人所能替代的设计工作。只有充分认识到产品模型制作的重要意义才能在设计实践中借助产品模型完善设计过程。

能否通过产品模型表现设计内容，体现了设计师的综合设计素质。

Contents 目录

第1章 工业产品模型制作概述 / 001

1.1 产品模型制作的重要意义 / 002

1.1.1 产品模型制作是设计实践过程 / 002

1.1.2 产品模型制作是综合表达设计内容的有效方法 / 002

1.1.3 产品模型是展示、评价、验证设计的依据 / 003

1.2 产品模型的种类与用途 / 003

1.2.1 形态研究模型 / 004

1.2.2 功能实验模型 / 005

1.2.3 交流展示模型 / 006

1.2.4 手板样机模型 / 007

1.3 产品模型材料选用 / 007

1.3.1 考虑模型材料的适用性 / 008

1.3.2 考虑模型材料的易加工性 / 009

1.3.3 按材料区分模型 / 009

第2章 黏土模型制作 / 011

2.1 黏土的成型特性 / 012

2.2 制作黏土模型的主要设备、工具及辅助材料 / 012

2.3 黏土材料的制备 / 015

2.4 黏土模型成型方法 / 017

2.4.1 黏土形态草模型成型方法 / 017

2.4.2 黏土标准原型成型方法 / 018

第3章 油泥模型制作 / 023

3.1 油泥的成型特性 / 024

3.2 制作油泥模型的主要设备、工具及辅助材料 / 024

3.3 油泥模型成型方法 / 026

3.4 油泥模型表面装饰 / 033

3.4.1 涂饰工具与涂饰材料 / 033

3.4.2 油泥模型表面涂饰方法 / 034

第4章 石膏模型制作 / 041

4.1 石膏的成型特性 / 042

4.2 制作石膏模型的主要设备、工具及辅助材料 / 042

4.3 石膏模型成型方法 / 043

4.3.1 调和石膏溶液 / 044

4.3.2 反求成型 (复制成型) / 044

4.3.3 旋转成型 / 051

4.3.4 雕刻成型 / 054

4.4 石膏模型表面涂饰 / 057

4.4.1 涂饰工具与涂饰材料 / 057

4.4.2 石膏模型表面涂饰方法 / 058

第5章 硅橡胶模具制作 / 061

5.1 硅橡胶的成型特性 / 062

5.2 制作硅橡胶模具的主要设备、工具及辅助材料 / 062

5.3 硅橡胶模具成型方法 / 063

5.3.1 双组分室温硫化硅橡胶的调和方法 / 064

5.3.2 浇注成型 / 064

5.3.3 涂刷成型 / 068

5.4 通过硅橡胶模具反求成型 / 071

第6章 塑料模型制作 / 073

6.1 热塑性塑料的成型特性 / 074

6.2 制作热塑性塑料模型的主要设备、工具及辅助材料 / 074

6.3 热塑性塑料成型方法 / 077

6.3.1 冷加工成型 / 077

6.3.2 热加工成型 / 081

6.3.3 塑料表面抛光处理 / 086

6.3.4 制作案例 / 087

6.4 塑料模型表面涂饰 / 091

6.4.1 涂饰工具与涂饰材料 / 091

6.4.2 塑料模型表面涂饰方法 / 092

第7章 玻璃钢模型制作 / 095

7.1 玻璃钢的成型特性 / 096

7.2 制作玻璃钢模型的主要设备、工具及辅助材料 / 096

7.3 玻璃钢模型成型方法 / 097

7.3.1 不饱和聚酯树脂的调和方法 / 098

7.3.2 裱糊成型 / 099

7.4 玻璃钢模型表面涂饰 / 101

第8章 木模型制作 /103

- 8.1 木材的成型特性 / 104
- 8.2 制作木模型的主要设备、工具及辅助材料 / 104
- 8.3 木模型成型方法 / 107
- 8.4 木模型表面涂饰 / 115
 - 8.4.1 涂饰工具与涂饰材料 / 115
 - 8.4.2 木模型表面涂饰方法 / 116

第9章 金属模型制作 /119

- 9.1 金属的成型特性 / 120
- 9.2 制作金属模型的主要设备、工具及辅助材料 / 120
- 9.3 金属模型成型方法 / 124
 - 9.3.1 使用金属管材、棒材加工成型 / 124

- 9.3.2 使用金属板材加工成型 / 126
- 9.3.3 使用金属丝网加工成型 / 128
- 9.3.4 金属零件组装成型 / 129
- 9.4 金属模型表面涂饰 / 132

第10章 快速原型技术制作产品模型 /135

- 10.1 快速原型成型原理及成型方法 / 136
- 10.2 成型实例 / 137

第11章 模型制作赏析 /139

后记 /158

第1章

工业产品模型制作概述

1.1 产品模型制作的重要意义

产品模型制作与表现是现代工业产品设计过程中的关键环节，在设计中发挥着重要作用。产品模型的制作不但可以掌握立体表达设计的方法以实现创造性的设计过程，作为实物依据展示、评价、验证设计内容，还可以提前预测、反馈、获取各种设计指标，为设计与生产提供过渡性的环节。

产品模型制作与表现过程是综合体现设计内容、检验设计正确与否的有效方法。

1.1.1 产品模型制作是设计实践过程

产品模型制作是进行创造性设计实践的过程，经过设计师设计构思的产品概念需要以有形的形态表现出来。表现一个完整的产品形态需要对其形状、尺度、结构、色彩、材料使用以及生产加工等问题进行综合分析与研究。

设计师可以将产品模型作为一种综合表现设计内容的载体进行设计实践与实验研究，产品模型能给予设计师非常强烈与直观的设计感受，通过模型制作过程可不断激发设计师的设计联想，通过对新学科知识、新技术、新材料的设计应用实现再创造的设计过程，在制作与表现过程中借助产品模型对设计内容进行反复推敲与调整，找出设计中存在的缺点与不足，不断补充和完善设计。

1.1.2 产品模型制作是综合表达设计内容的有效方法

由于产品多以三维立体形态出现，这就要求设计师具备立体表现设计内容的能力。在设计构思阶段为了快速表达设计内容，设计师经常在二维平面上进行。作为一种设计交流方式，二维平面确实体现出快速、简便的优势。由于表现形式所限，二维平面无法全方位、立体地真实地表现出三维效果的设计内容，二维平面上表达的设计内容虽然具有可视性，但不具备真实的设计体验性与设计触摸性。与二维表现方式截然不同，产品模型是以一个真实、完整的空间体的形式出现，所展示的设计内容展现出了立体、全方位的视觉效果，弥补了二维设计表现的不足。产品模型是一种真三维的设计表现形式，经过立体表现过程，所确定的产品形态、人机尺寸、结构关系、材料应用等一些实际设计内容，具备了真实性与完整性。

通过产品模型制作既能够提高三维表达设计内容的能力，还可以直接通过产品模型对设计内容进行修改与调整，进而不断完善设计。采用立体表现方法综合表达设计内容是设计师设计能力的重要体现。

1.1.3 产品模型是展示、评价、验证设计的依据

为避免因设计失误而造成的各种损失，在产品正式投产之前可借助产品模型对设计内容进行展示、评价、验证。产品模型既能综合体现设计内容，也为综合验证设计提供了实物参考依据。

1. 通过产品模型展示外观设计效果

产品外观给人的第一印象非常深刻，在保证产品实用功能合理的前提下外观设计质量能直接影响人们的购买欲望，因此，产品正式投产之前需要对其外观进行深入细致的设计。现代产品设计中借助产品模型模拟展示设计内容，已经成为一种行之有效的设计表现方法，设计师可以利用模型对产品的造型形态、表面色彩、材质肌理等外部特征进行悉心设计与反复调整，通过模拟表现为最终外观设计方案提供了分析、研究的实物参考依据。

2. 通过产品模型研究人—机关系的合理性

合理的人—机尺寸设计使人产生舒适、好用的感觉，这些实际感受要在产品的使用过程中才能得到真实体验。为了避免设计失误，设计师可以提前借助产品模型作为实验依据进行设计体验。经过对形态尺寸的反复修改与调整，获得正确的人—机尺寸数据。

3. 通过产品模型进行投产前的综合验证工作

产品正式投产之前需要对各种设计指标进行综合评估。利用产品模型作为实验依据可进行产品功能实验、结构分析、材料应用、生产工艺制定、生产成本核算等诸多问题的分析与研究，通过对各项设计指标的综合验证最终确定是否可以批量生产。

总之，设计师通过产品模型制作，既能经历设计体验与设计实践的过程，又能在产品正式投产之前提供可行性分析的研究依据，产品模型制作是实现从研发到正式生产之前的关键环节与重要保障，因此，产品模型制作在设计中发挥着重要的作用。

1.2 产品模型的种类与用途

根据产品模型在各个设计阶段所发挥的实际作用，可以将产品模型分为形态研究模型、功能实验模型、交流展示模型、手板样机模型四种类型。

1.2.1 形态研究模型

形态研究模型是表现产品形态构思内容及研究形态设计合理性的模型。

从形态的概括表现到深入研究阶段,形态研究模型可以分为“形态草模型”和“标准原型”。

1. 形态草模型

形态草模型是用于快速概括表达产品形态设计构思的模型。在产品形态设计的初期阶段,设计师往往都有这样的感受:紧张思考会促使脑海中不断闪现出形状各异的立体形象,为快速反映形态构思内容,可以使用构思草模型这一直观、形象的立体表达方法进行设计表现,设计师在此阶段应尽量将头脑中的多种形态创意表现出来。

进行形态草模型制作的目的是为形态设计的再深入过程提供分析、推敲、比较的实物参照依据。如图1-1所示,《电池盒》设计的最终外观形态是经过形态草模型的设计阶段逐渐演变形成的。

在形态草模型的塑造过程中应着重表现整体形态的结构转折变化关系,不必拘泥于尺寸精确度、外观精细度、表面肌理效果等细节方面的处理(图1-1)。

由于形态草模型主要用于快速表达形态构思内容,制作时应采用易于加工的黏土、聚氨酯发泡材料、纸制材料等进行表现(图例中使用的材料是聚氨酯发泡材料),采用易加工的材料可以使表现过程更加简便、快捷。

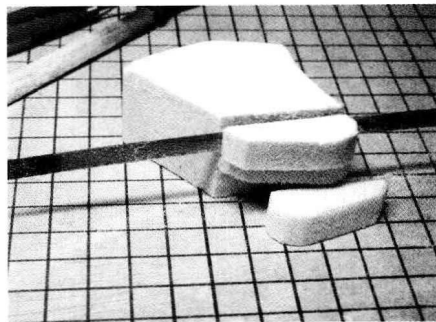
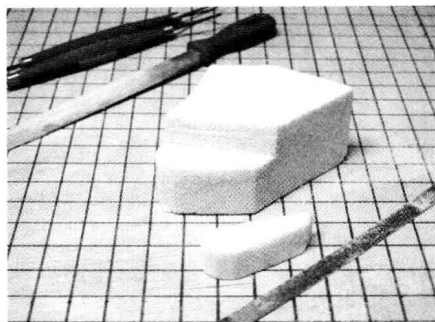
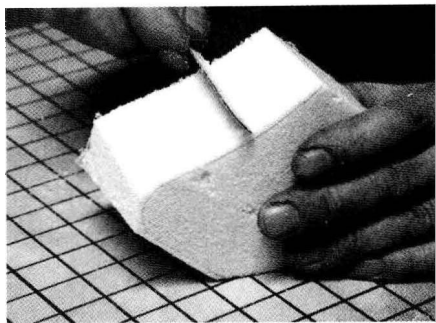
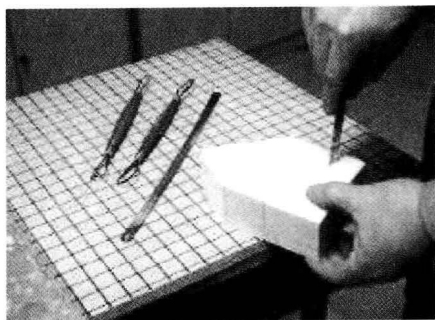


图1-1 形态草模型

2. 标准原型

标准原型是指达到设计标准的外观形态模型。

由于在形态草模型阶段已经概括表现制作出许多形态设计方案,在进入标准原型制作之前通过对前期形态方案进行分析比较,从中选取可以继续深入设计的形态方案继续完整表现。

标准原型制作过程是继续深入研究、改进、完善形态设计的过程,一个完整的产品外部形态设计,既要体现出鲜明的产品形态特征,还应充分考虑形态是否符合生产加工的要求。

通过标准原型可以检验形态设计的合理程度,产品造型形态设计不能只注重形态本身的视觉效果,应该充分考虑产品最终形态确立所受的条件制约,如材料的应用能否满足正式产品的形态变化要求,造型结构的变化是否符合加工工艺条件等。一味地盲目追求造型形式变化而不考虑条件制约势必会造成诸多问题,甚至影响总体设计的深入展开,不具备生产条件的外观造型其外部特征再鲜明也是无价值的形态设计。这就需要在标准原型表现过程中进行综合分析,结合实际问题及时对设计的形态进行反复调整,直到完整表达出符合要求的产品外观造型。

标准原型制作应采用易加工的材料制作,如油泥、石膏、黏土、木材等。由于这些材料具有易加工、易成型等特性,可根据设计要求及时调整外观形状,准确塑造出产品外观造型。如图1-2~图1-4所示,分别使用黏土、石膏、油泥制作(图11-1)的标准原型。

借助标准原型还可以根据不同设计阶段的具体表现要求,复制出形态相同但材质不同的模型(如展示模型、手板样机模型),便于长期保存、展示。

1.2.2 功能实验模型

功能实验模型是验证产品功能设计合理性的模型,具有反馈实验数据的作用。

为确保产品功能设计的合理性,应借助功能实验模型对产品的功能设计内容进行模拟实验与分析,只有经过实验过程所反馈出的实际数据才能准确评判功能设计指标是否达到要求,进而找出设计中存在的问题,修正设计。产品具有实用功能才能真正体现出其设计价值。

功能实验模型不追求产品外在的效果表现,侧重于实验研究,通过功能实验模型可以完成诸如:人-机尺度分析与接触体验;结构设计与结构连接方式检验;材料应用与受力情况测试(对应用材料进行强度实验、震动实验、拉伸与抗弯实验、抗疲劳实验等);风动力实验等实验内容。

如图1-5所示的“可充气式车用洗衣机”实验模型,通过该实验模型可以进行两项关键的设计指标测试:

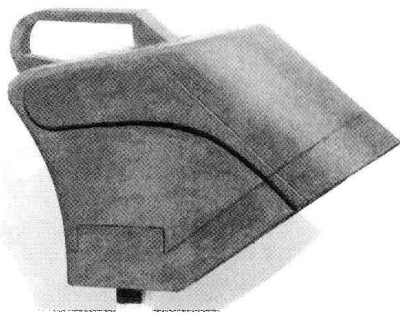


图 1-2 采用黏土材料制作的标准原型

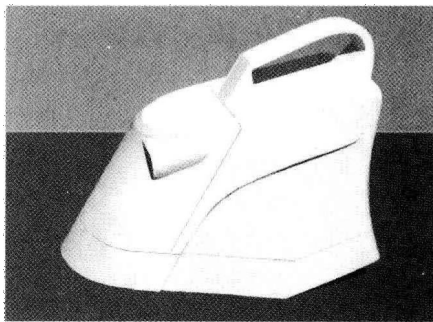


图 1-3 采用石膏材料制作的标准原型

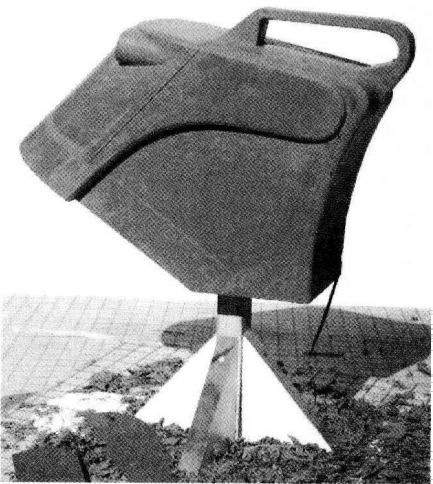


图 1-4 采用油泥材料制作的标准原型

(1) 支撑强度实验: 采用防渗漏织物经粘合后形成充气气囊, 充气后实验支撑力度。

(2) 倾斜角度实验: 合理的倾斜角度能够形成合理的旋转折叠闭合方式, 达到节约空间的目的。

如图1-6所示的“游戏机手柄”实验模型, 通过该实验模型进行两项关键设计指标测试:

(1) 手掌在把持游戏机手柄位置时的舒适度体验。

(2) 检测游戏机手柄上各按键的人机尺寸关系。

如图1-7所示的“插接式灯具”实验模型, 通过该实验模型进行两项关键设计指标测试:

(1) 实验板材插接结构的牢固性。

(2) 排布插板位置, 测试光效结果。

1.2.3 交流展示模型

交流展示模型主要用于表达概念产品的设计内容, 模型要具有设计交流、展示评价与产品推广等作用。

交流展示模型制作要精细, 模型应真实表现出未来产品的外观形态、色彩、材质肌理效果、结构连接变化等外部特征。在制作与表现的方法上可以“不择手段”,



图 1-5 可充气式车用洗衣机



图 1-6 游戏机手柄

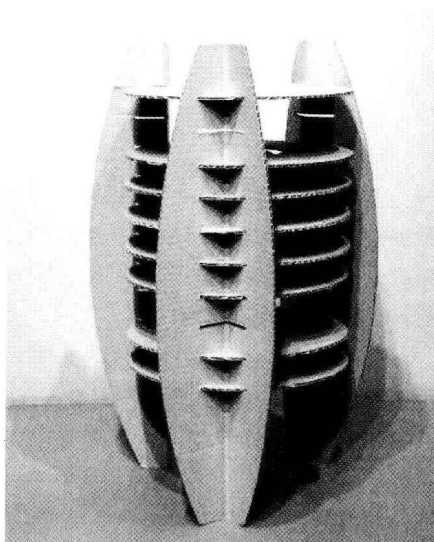


图 1-7 插接式灯具

无论使用何种表现材料、采用何种加工制作方法,只要能够仿真表现出未来产品的实际效果,使之具有展示、宣传、交流、评价的作用,交流展示模型便达到了制作的目的(图1-8~图1-10)。

1.2.4 手板样机模型

手板样机模型是指产品量产之前以手工操作方式、借助加工设备制作而成的产品样机。

手板样机模型是产品模型制作的最高级表现形式,是产品正式投产之前进行各种设计指标综合考察、检验的实体依据。无论是对产品的外部形态还是对内部结构都有着严格的表现要求,应该完全按照综合改进后的设计要求进行真实、准确的制作。

进行手板样机模型制作的目的是对正式批量生产之前的设计产品进行产前综合分析,具有测试产品的实用性能;体验产品的人机尺度关系;表现产品的色彩、肌理、质感等外观变化特征;分析产品的结构变化关系;检验产品材料的物理特性及加工特性;制定产品的加工工艺与生产流程;核算产品的生产成本与销售价格制定等作用(图1-11~图1-13)。

利用手板样机模型进行生产前期的综合实验与评定,既避免了不必要的设计浪费又缩短了设计研发与生产实验周期。

1.3 产品模型材料选用

实体产品模型制作离不开材料的使用,熟练地运用与把握材料的特点和加工工艺可以制作出理想的产品模型。可用于模型制作的材料种类很多,金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料(通常称为高分子材料)和复合材料,都可以用作模型制作。在模型制作之前应当充分考虑材料因素对模型表达的影响,应该根据设计的不同阶段选择适合的材料进行制作表现,以满足各设计阶段的设计要求。

选用金属材料进行模型制作虽然成本较高,但无论是外观效果还是内在质量都比较好。由于金属材料成型过程比较复杂,制作难度大,需要专用加工设备经过多道加工工序才能成型,因此制作过程中要慎重使用金属材料。若设计中确有实际需要,不排除金属材料的使用,合理使用金属材料是为了真实表达设计内容、满足设计要求。

很多无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料都非常适于模型制作,如黏土、油泥、石膏粉、木材类、纸类、塑料类、橡胶类等,都是制作模型比较理想的材料。这些材料的易成型性好,便于加工制作,在制作过程中对加工设备、加工工



图 1-8 便携式煎蛋器



图 1-9 电动自行车

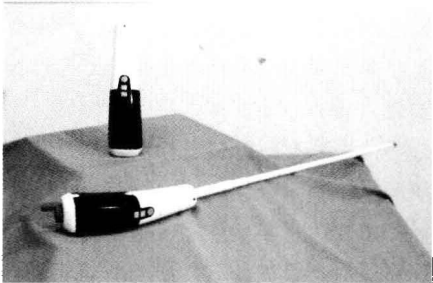


图 1-10 导盲手杖



图 1-11 新明式座椅(样机)

艺的限制较小, 比较容易完成制作过。特别是油泥、黏土、石膏粉、木材、塑料等材料, 由于它们的可塑性强, 能够表现出各种复杂的造型形状, 尤其可以充分体现出设计中一些细节的造型。使用这些材料进行制作, 局限性小、表现性强, 而且材料成本与制作成本相对较低, 所以被广泛用于产品的模型制作中。

1.3.1 考虑模型材料的适用性

通常根据产品设计的不同表现阶段及特殊表现要求选用所需的模型材料进行加工制作。

(1) 形态研究模型主要用于快速记录、概括表达产品外部形态以及塑造达到设计标准的产品外观形态。在模型材料选用上应体现出成型速度快、便于加工、易于表现、可反复使用等特性。如油泥、黏土、硬质聚氨酯发泡塑料、纸材等, 这些材料比较适于制作形态研究模型。

(2) 功能实验模型是根据产品的特殊需要对产品的结构、形态、功能、性能等进行测试的模型。被实验部位应该按照设计要求选用材料。如进行汽车座椅头枕冲击强度实验时必须按照设计要求选用实际材料, 才能正确判定头枕内部的钢骨架是否符合冲击强度的要求, 如果用替代材料进行实验, 会由于获取的数据不准确造成潜在的安全隐患, 功能实验模型也就失去了自身的作用。又如, 进行汽车风洞实验, 由于使用油泥材料制作的模型完全可以满足风洞实验

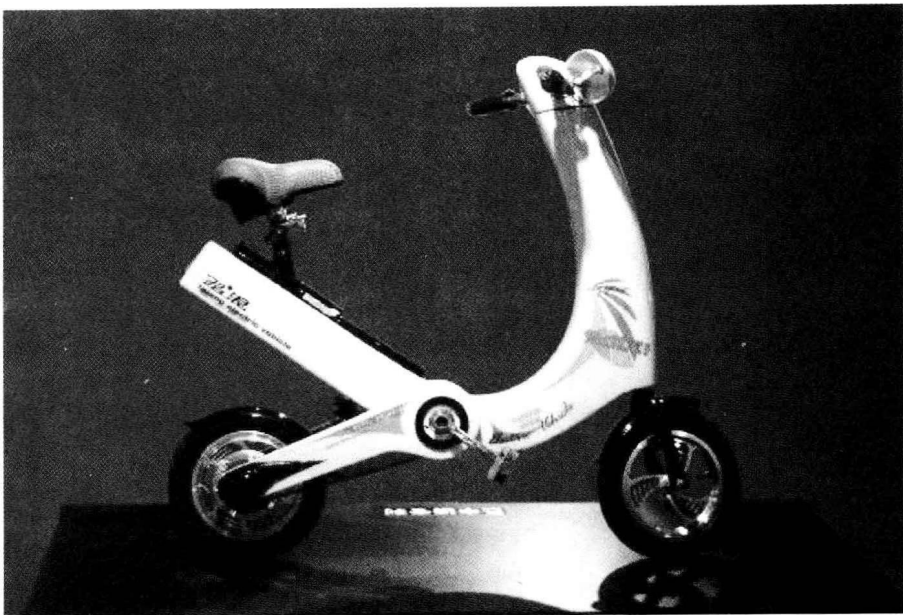


图 1-12 电动自行车 (样机)

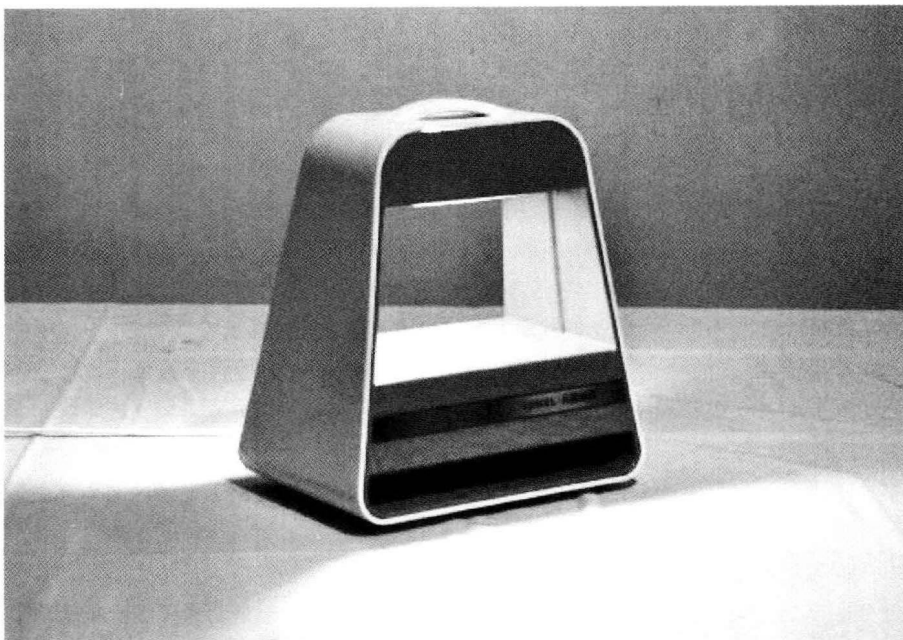


图 1-13 紫外光照射灯 (样机)

要求,既提高了模型制作效率,也减少了不必要的投入。

(3) 交流展示模型以表现产品的外观为主,应当尽量选用能够体现展示效果并易于长期保存的材料。制作中根据要求灵活运用,按设计所需合理使用真实材料或替代材料,目的是体现逼真的外观效果。常用的展示模型材料有塑料、木材、金属、高强石膏等。展示模型的外观效果除了利用材料本身具备的色彩、肌理、质感等特点,一般需要借助表面处理、涂饰等工艺完成。

(4) 手板样机模型是正式产品批量投产之前的样机模型,一般情况下采用未来产品需要的真实材料,目的是在实验过程中检验各种材料自身的物理特性及加工特性,实际测试产品的机械性能、结构关系、人机尺度,直接反应材料的色彩、肌理、质感等变化特征给人造成的视觉感受与触觉感受等。

1.3.2 考虑模型材料的易加工性

在不违背设计表现要求的前提下原则上应该选用易于加工制作的材料。模型制作与表现的过程实际上是设计的再深入过程,通过制作,综合体现设计内容,发现设计中存在的各种问题,以便对设计及时调整、不断改进。正因为设计是在不断变化、改进与调整的过程中逐渐完成的,产品形态也将随之产生变化,而产品的模型制作与表现又是比较复杂的过程,这就要求被选用的材料既要容易体现设计效果,还要利于加工以适应不断变化的表现要求。

模型材料应该易加工的另一个重要原因,是设计师在设计表现过程中通常习惯采用手工加工方式表现设计内容。由于手工制作过程具有诸多优势:受加工条件和加工设备的限制较少,制作成本低,操作简便、快速,制作方法灵活多样,易于表现等,能够满足设计中不断变化的要求。现代产品设计中的模型表现过程很大程度上需要手工操作完成。手工制作具有诸多优点,将会长时期地发挥它在设计中的重要作用,因此,应当充分考虑模型材料的易加工性。

当然,在立体表达设计内容的过程中采用现代加工技术进行模型制作能够更精确地表现设计内容,现代加工技术表现已经成熟、定型的设计内容无疑是非常理想的制作方法,但设备投入大、制作成本比较高。

无论采用传统的手工制作方法,还是利用现代加工技术制作产品模型,需要了解模型材料的加工特性,掌握正确的加工方法,合理使用模型材料,满足设计表现需求,正确发挥产品模型在设计中的重要作用。

1.3.3 按材料区分模型

根据不同设计阶段的表现要求,作为模型制作经常使用的主要材料有:黏土、

油泥、石膏、塑料、木材、金属、橡胶等。

如果按照制作材料区分模型，又可以将模型分为黏土模型、油泥模型、石膏模型、不饱和树脂（玻璃钢）模型、塑料模型、木质模型、金属模型、橡胶模型等。

采用手工方式制作产品模型，首先要熟练掌握单一材料进行制作的方法，才能进行综合制作，以满足不同设计阶段需要的模型，达到设计表现的要求。

在后面章节中将通过设计实例介绍常用模型材料的加工特性及制作方法。

本章作业

思考题：

1. 产品模型制作的重要性体现在哪些方面？对模型制作的本质有何理解？
2. 分析不同种类的产品模型在不同设计阶段所发挥的作用？