

目 录

CONTENTS

第一章 模型制作的基础理论	2
第一节 模型制作的基本概念	2
一、模型制作的功能及意义	2
二、与专业和相关课程的关系	3
三、模型制作种类	4
四、模型制作的原则	6
第二节 模型制作的历史和发展	8
一、纯手工时代	8
二、普通机床加工时代	9
三、数控机床加工时代	9
四、3D 打印增材制造时代	11
第三节 中西模型制作理念的区别	12
一、模型制作的一般流程	12
二、不同的产品设计流程导致模型制作的差异	13
三、国内设计教育在培养动手能力方面的培养现状	16
四、国内外对模型技术工艺的研发与投入	16
五、以德国和上海为例的模型房规章制度设计	17
第四节 模型制作基础工具以及使用要领	19
一、切割类：刀、锯、凿子	19
二、夹具类：台虎钳、卡钳	21
三、打磨类：砂纸、锉刀	23
第二章 课程实训	28
第一节 项目训练一 —— 聚氨酯基础泡沫模型	28
一、课程概况	28
二、设计案例	30
1. 美国 OXO 公司的聚氨酯模型作品	30
2. 学生刀具设计方案的聚氨酯模型作品	31
三、知识点	32
1. 不同密度聚氨酯模型材料的特性	32
2. 如何保证模型匹配原设计的尺寸	33

3. 相关工具使用技巧及防护口罩	34
4. 模型对设计的反向修正	35
四、实践程序	35
五、模型制作小贴士	40
1. 曲线锯切割 / 带锯切割	40
2. 巧妙利用锉刀的形状	40
3. 巧妙利用指甲和指腹修形	40
4. 马克笔 / 自喷漆增加细节	40
5. 纸板模型卡位	41
六、相关网站链接	41
第二节 项目训练二 —— 配合传统机加工工艺的模型制作	42
一、课程概况	42
二、设计案例	42
1. Diez 工作室为 Vibia 公司设计的灯具 Guise	42
2. 学生灯具模型作品	43
三、知识点	44
1. 零部件的配合间隙	44
2. 模型制作的不同种类木材特性	44
3. 壳体的制作方式	45
4. 电子产品模型设计要点	46
5. 钕磁铁在结构模型中的巧用	46
6. 木质材料的补缝处理	46
7. 机加工中的铣刀与加工深度的关系	47
四、实践程序	48
五、相关网站链接	58
第三节 项目训练三 —— 结合 CNC 和快速成型技术的模型制作	59
一、课程概况	59
二、设计案例	59
1. F ü gex Design Studio 模型作品	59
2. 学生家电模型作品	61
三、知识点	61
1. 适合工业设计模型制作的 3D 打印类别	61

2. 适用于 3D 打印的三维建模要领	62
3. 适用于 CNC 雕刻的三维建模要领	63
4. 三维模型向适用于 CNC 雕刻机的 G 码转换	64
4. 利用不同的铣刀和刀路设计制作表面肌理	73
四、实践程序	74
五、相关网站链接	81
第三章 欣赏与分析.....	84
第一节 中国——迎头赶上的模型制作	84
一、全球同步启动——3D 打印技术的迅速应用	84
二、借互联网推力——接轨国际交互模型作品	88
第二节 德国——传统与数控加工的完美融合	91
一、投资类产品设计模型——聚焦于设计战略的显现	91
二、消费类产品设计模型——聚焦于设计亮点的显现	93
第三节 美国——简洁明了的快餐模型制作理念	95
一、产品设计的快速验证模型——聚焦于快速制作、快速验证、快速改进	95
二、服务设计的沙盘推演模型——聚焦于模型对思维辅助推导的有效性	96
第四节 其他模型案例解析	99
一、John Deer 拖拉机的人机分析	99
二、Rich Siemer 滑雪头盔模型制作	100
三、竹家具研究	101
四、道具书制作	103
五、Rosenthal 茶具制作	103
参考文献	106
后记	107

第一章 模型制作的基础理论

第一节 模型制作的基本概念

第二节 模型制作的历史和发展

第三节 中西模型制作理念的区别

第四节 模型制作基础工具及使用要领

第一章 模型制作的基础理论

本章概述

本章以理论阐述为主，主要分成四个部分。第一部分阐述了模型制作的意义、各专业之间的关系和模型制作的种类等概念；第二部分按照模型加工工艺的不同，阐述了纯手工时代、普通机床加工时代、数控机床加工时代和 3D 打印增材制造时代的概况；第三部分通过分析中西设计教育流程的差异，进而分析模型制作理念的差异；第四部分主要介绍模型制作的基础工具及其使用要领。

学习目标

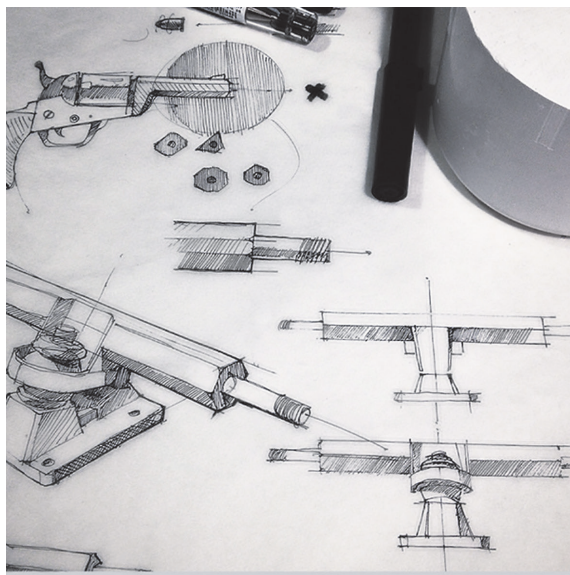
通过本章学习，让学生对模型制作的基本概念和原则有初步认识，了解模型制作在工业设计课程内的横向和纵向脉络，并掌握基础工具的选择和使用。

第一节 模型制作的基本概念

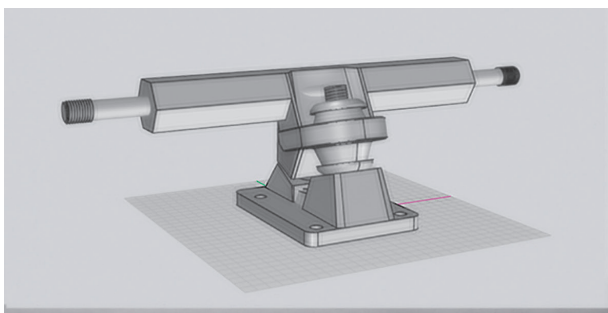
模型制作是工业设计学科的几大基础课程之一，其重要性完全不亚于手绘表达。本节将带领读者进一步了解模型制作的功能、分类，以及其与设计的关系。

一、模型制作的功能及意义

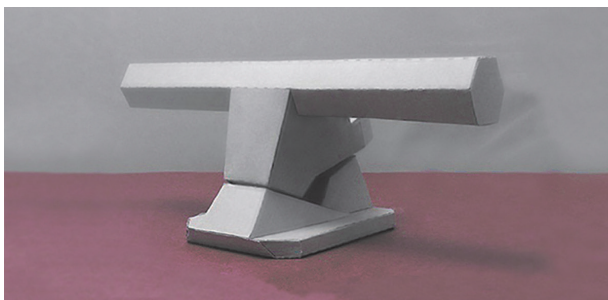
模型设计和制作是产品开发过程中的重要组成部分，从草模到销售展示用途的模型有多种类型。设计师很难把设计稿直接推进到可批量生产的产品阶段，这当中需要有一次甚至多次的模型制作，它是二维设计图的升级，是三维版本的设计稿，是电脑 3D 模型的实物化，设计师借助这些直观的进行不断地反思、推敲、论证，进而改进和优化设计（图 1-1-1）。



(a) 草图



(b) 3D 模型



(c) 草模



(d) 最终打样模型

图 1-1-1 滑板桥架的设计进化过程：草图、3D 模型、草模、最终打样模型 /Joe Bowers/ 美国 /behance 网 / 2014

模型制作在整个设计流程中，不同的阶段有不同的意义，从早期的创意论证，到对材料、工艺等现实制造问题的解决，再到造型、色彩、肌理等美学层面的推敲，单纯的二维效果图无法实现立体实物的直观、直感效果，因此模型制作变成了整个设计流程中不可脱离的一个环节。模型制作显著的优势有以下几点。

(1) 测试和改进所设计的功能。诚然，创意思法理论上可能是完美的，直到去创建实体模型，设计师才会意识到原先思考中的缺陷。开发模型样机的另一个重要原因，便是用于测试设计的可行性 (feasibility) 和可用性 (usability)。在真正将设计创意从理论转化为现实之前，设计师永远不会知道他的设计存在的问题和面临的挑战。

(2) 测试各种材料、结构、表面处理工艺等方面的性能。在完成创意功能设计后，就要面对这些更加现实的问题，它是实现一款稳定、高品质的量产产品的基础。

(3) 帮助设计师描述产品。单纯的语言描述、图片展示都是不直观的，一个可以触及的实物模型可以更加有效地展示设计，它可以面向投资人、客户、渠道商，进而说服他们取得谈判上的优势。在学生阶段，申请实习、求职面试时，用一个可携带的模型比单纯的作品集展示能起到更好的效果。

(4) 设计师在前期草模阶段，还可以实现 Design by Doing (边做边设计) 的设计理念，它可以让设计师在动手过程中及时认识设计的漏洞，并迅速对设计做出调整。相比较另外一种设计方式：电脑上做完设计后交付给专业模型厂进行制作，再进行设计讨论，两者的效率差异巨大。

(4) 设计师在前期草模阶段，还可以实现 Design by Doing (边做边设计) 的设计理念，它可以让设计师在动手过程中及时认识设计的漏洞，并迅速对设计做出调整。相比较另外一种设计方式：电脑上做完设计后交付给专业模型厂进行制作，再进行设计讨论，两者的效率差异巨大。



图 1-1-2 宝马摩托车油泥模型 /BMW/ 德国 / 花瓣网 / 2005

二、与专业和相关课程的关系

一般来讲模型制作课在整个设计教育过程中所占比重不大，但是模型制作是每个设计专业学生在每个学期必定要经历的动手环节。在多数德国高

校，模型制作的比重高于“软件建模”，重要性等同于“手绘快速表达”，一般要求在正式开始项目设计课程之前，完成模型制作的基本培训。模型制作是设计的另外一种表达方式，它与手绘、3D 建模共同组成了设计表达的三个支撑。以德国 Wuppertal 大学为例，这 3 块课程以工作坊的形式开展，每个学期一般有一次以上，时长在 3 ~ 5 天不等，安排在主干设计课的不同阶段，如手绘安排在主干设计课的前端，模型安排在中前段，建模安排在中后段。这样的课程安排更加贴合设计主体，为主干设计课程服务，让学生在不同的设计阶段分别得到相应的锻炼。

三、模型制作种类

1. 设计展示模型

功能展示类模型的作用主要是用来展示所设计产品的功能和概念，它必须要能够模拟功能效果或者真实还原所设计产品的功能（图 1-1-3）。同时它也能够展示该设计的视觉效果，模拟真实材质、表面处理等效果，因此它是全能的，它是设计被最终生产前的最后一道效果模拟，可以向客户、用户、投资人等充分展示某一产品的设计要点（图 1-1-4）。现在在产品的投融资、众筹等过程中都会用到这类模型，全面展现设计的先进性，以获得足够的初期支持。

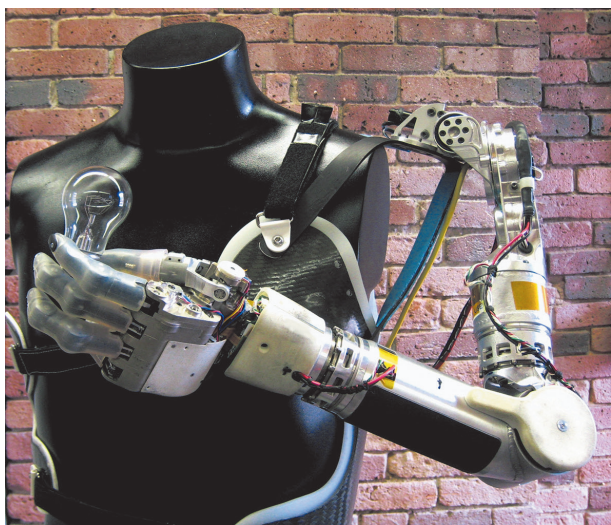


图 1-1-3 Luke Arm 功能样机 / DEKA 公司 / 美国 / flickr 网 / 2008



图 1-1-4 Luke Arm 设计样机 / DEKA 公司 / 美国 / flickr 网 / 2011

2. 视觉展示模型

不同于设计展示模型，视觉展示模型只要求有外观效果上的展示，包括形态、材质、颜色、壳体结构、交互界面、按钮插座等，所有外观可见的部件都要一一展示出来。在材质选择上往往和最终真实产品所使用的材料不同，比如高亮不锈钢效果会使用表面电镀的 ABS 塑料进行模仿。学生阶段的模型制作多为视觉展示模型。在商业用途上，有时商家也会采用视觉模型进行展示，常见的如手机卖场（图 1-1-5）。



图 1-1-5 商场用于展示的拟真手机模型 / 中国 / 天猫网站 / 2013



图 1-1-6 设计的童车模型 / Judith Kampermann / 美国 / wordpress / 2014



图 1-1-7 宝马自行车视觉展示模型 / 宝马 / 德国 / schlagheck Design / 2014

3. 概念和设计验证模型

概念验证模型往往处在设计流程的中前端，使用最简单有效的手段进行概念论证。它的功能不是全面完整的展示设计，而是针对某一具体点进行讨论，服务项目初期的设计讨论。主要包括两大类内容的验证。

(1) 功能概念论证。前期通过头脑风暴等手段获得的概念功能设计往往存在较大的漏洞甚至不可行，需要通过一些非常简单、方便、低成本的草模进行快速验证，删除不可行方案（图 1-1-8 至图 1-1-11）。



图 1-1-8 草模验证应用日本风格特征进行家具设计 / Tom Skeehan / 澳大利亚 / pinterest 网 / 2015



图 1-1-9 使用大屏幕显示器、前置抽屉式装料的 3D 打印机
瓦楞纸草模 /Noah Posner/ 美国 /behance 网 /2016

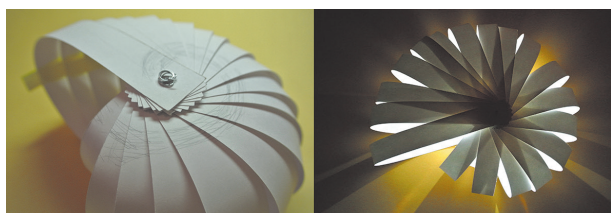


图 1-1-10 Nautilus Lamp 灯具草模（白卡纸草模）/Jenniffer
Matsumoto/ 美国 / Portfolio-Jennifer Matsumoto/2012

（2）造型验证。当把图稿上的二维方案转变成三维立体的时候，对于初级设计师来说，将会面临很多现实问题，如造型尺寸是否符合人机工程的要点，体量和比例会不会失调等。同样也需要通过如聚氨酯泡沫等材料进行快速造型方案的验证。



图 1-1-11 第五代手电筒早期泡沫造型草模 /Dolphin/ 应用艺术
与科学博物馆 /2010



图 1-1-12 OXO 公司好的握柄 /smart design/ 美国 /cooperhewitt.
org/1990

四、模型制作的原则

模型制作是产品设计过程中的重要环节，用制作的产品模型检验设计方案的可行性，进一步优化设计。模型制作的过程包含方案设计，可行性分析，材料、加工设备、加工工艺的选择和制定等多个方面，同时还要考虑制作成本以及绿色环保等方面。

下面介绍模型制作的三个原则：效果与成本、工艺与科技、绿色与环保。

1.效果与成本

模型是对设计的产品进行造型结构的塑造，通过真实的材料表现产品设计方案的最佳效果。实物模型是产品设计构思立体化的表现形式。通过模型的制作，对产品方案进行比较、对体块和面的造型进行推敲。制作的模型各个部件、结构要有严格的尺寸要求，通过模型验证产品形态的合理性以及投入生产的可行性。模型制作的最终阶段要制作展示模型。展示模型要能把产品的最终形态真实地表现出来，并具有与最终生产的产品类似的视觉效果。

产品设计方案确定之后，即可开始模型制作。

根据模型制作完成要达到的效果,选择适当的尺寸比例、合适的材料和制作工具、加工设备、加工工艺,实现高性价比的模型制作。

模型制作的成本是从开始到完成整个模型制作过程所需要投入的成本。模型制作成本的高低主要取决于模型的结构、所选用的材质以及加工的难易程度。模型制作成本的测算方法有两种:对比类似产品模型制作的成本来估算;根据制作方案结构上、用料上、工艺上的技术成本来测算。

模型设计是否科学、合理,在很大程度上决定了模型的生产技术、质量水平和成本消耗。模型制作成本就是根据技术、工艺、设备、材料等方面的各种不同设计方案,核算和预测出的制作成本,目的在于论证模型制作的经济性、有效性和可行性。

在进行模型制作的过程中,要根据设计方案、预期效果,合理选用材料、加工工艺、设备进行模型的制作。在满足预期效果的情况下,尽可能控制制作成本,节约项目开支。

2. 工艺与科技

产品模型制作作为国内诸多高校工业设计专业的一门专业基础课程,是现在工业设计专业学生必备的技能之一,而且现在模型制作方法更加多样化、科技化,对制作的模型真实化要求也越来越高。计算机辅助制造采用先进的 CNC 技术和快速成型技术,使现代产品模型制作变得更加高效、准

确,但是从设计体验的角度来讲,手工模型制作更有助于在设计实物化的过程中体会尺度与体量的关系,也更能加深设计师对材料性能的了解,并且可以通过模型制作分析产品各阶段的结构、形态,不断优化设计。

在制作成本方面,使用数控技术进行加工就要借助数控机床,对模型表面精度要求高的话就要使用加工中心;采用快速成型技术制造时,要选用工业快速成型机或者 3D 打印机。这类现代科技的加工设备往往对产品材料有特定的要求。特定的材料、先进的设备无疑会增加模型制作的成本。在模型制作时要根据模型预期效果和预算,选择适合的工艺和实现目标效果的技术。

3. 绿色与环保

如今,产品在进行设计和制作时,除了要考虑产品的制作成本、使用和性能要求外,更为重要的是要考虑产品的环保性。在模型制作的过程中,解决环保问题的出发点和关键就是选择绿色材料进行制作。模型是产品的最初表现形式,真实的模型往往采用和产品一致的材料和加工工艺制作,所以材料的选择应从产品设计阶段就开始考虑,尽可能选用绿色材料,使产品从原材料、制作、生产、使用、废弃和回收,这一个完整的周期中都符合环境保护的要求。

第二节 模型制作的历史和发展

随着制造技术的发展和渗透，模型制作的方法呈伴随性发展状态。与此同时，在各种成熟的制作工艺下，模型制作工艺也不断得到改进和完善。

模型制作的发展历程按照加工工艺的不同，可以分为纯手工时代、普通机床加工时代、数控机床加工时代、3D 打印增材制造时代。

一、纯手工时代

在机械设备代替手工制作之前，模型制作处于纯手工时代。根据初步设计方案，选定材料，借助于专用的手工工具，制作产品的实体模型，将产品设计方案实物化。

虽然传统手工模型受到造型材料、产品构造、加工工艺的限制，很难达到快速成型的准确度，表现效果也受到模型制作者操作技能的影响，但是由于手工模型的加工工具和设备简单，受加工条件和加工设备的限制较少，制作方法简便、快速，取材较为广泛而且价格低廉，目前仍然具备计算机辅助模型制作等新方法无法取代的优点。在产品开发过程中，尤其在设计的初期草模阶段广泛被使用。在方案构思的阶段，设计师可以用简单、快捷的方式制作大量研讨性模型，以便整理设计思路和优化方案。这些模型有时候只探讨产品设计某一方面的问题，如产品造型风格、比例、大致的布局等。因此，设计师常常采用一些容易加工的材料，如石膏、油泥、泡沫塑料、纸等材料制作。由于这些材料价格低廉，加工方便，大大地节省了产品研发的费用，缩短了研发周期。

手工模型具有成本低、便于修改的特点，用手工的方式制作产品模型可以在制作的过程中体会尺度与体量的关系，有助于及时发现问题、解决问题，不断优化设计思路，及时调整，这也是达到视觉艺术效果最常用的方法。但是手工模型制作也有不足之处，比如制作周期长，尺度精确性不够等问题。

在历史上，包豪斯时代属于典型的纯手工模型时代。当时的校长格罗皮乌斯非常重视动手实践环节，设立了木工、陶艺、玻璃、金工等工坊，供师生创作用（图 1-2-1 至图 1-2-3）。包豪斯陶艺工坊只持续了不到五年，不过在此期间，开发了一种新的欧洲工艺美学。许多 20 世纪最重要的德国陶艺家在这里完成了他们的训练，成就了一大批艺术家，包括 Theodor Bogler, Otto Lindig, Marguerite Friedlaender, Werner Burri, Johannes Driesch, Franz Rudolf Wildenhain。



图 1-2-1 包豪斯陶艺工坊 /Max Krehn/ 德国 Bauhaus-Keramik/1920



图 1-2-2 包豪斯木工坊 /德国 /pencil 网 /1920



图 1-2-3 包豪斯金工坊 / 德国 / pencil 网 / 1920

二、普通机床加工时代

随着工业技术的发展,各种各样的机床开始广泛出现,在工业生产的各个部门迅速应用。设计师开始使用手动机床配合手工进行模型制作,20 世纪中期开始,车床和铣床在德国设计院校的模型制作中的应用尤为明显。车床主要用于对轴、盘、环等多种类型的工件进行加工。使用铣床可以加工平面、沟槽及各种曲面。通过这两种大型工具,可以实现主要形态、结构的加工,再配合各类辅助工具进行完善。

手动机床有以下两点优势。

(1) 帮助设计师对模型进行快速修改、调整。比如根据对模型的讨论,决定要加一个槽,铣去一个面,这种小的改造几乎可以在几分钟之内完成,无须建模、编程。

(2) 在制作过程中允许设计师一边思考一边动手,这期间可以帮助设计师发现设计漏洞或者原图纸设计上的不足,进行及时调整或者弥补。

虽然手动机床的加工速度没有 CNC 高速,但在设计讨论阶段,手动机床反而显得更具灵活性,这也是为什么到了如今的数码时代,欧美的设计院校、工作室还保留手动机床加工的原因(图 1-2-4、图 1-2-5)。



图 1-2-4 Wuppertal 大学工业设计模型房的两台全功能铣床 / Sonja / 德国 / UWID / 2018



图 1-2-5 吉他品牌 Stoll 的工坊 / Stoll Guitars / 美国 / 2016

三、数控机床加工时代

随着科学技术的发展,计算机软硬件的升级换代,加速了数控机床的推广。CNC 数控机床是计算机数字控制机床(Computer numerical control)的简称,是一种由程序控制的自动化机床,主要通过数字化信息控制刀具和毛坯的相互运动,从毛坯上切除多余材料(即余量),从而获得一定形状和精度的零件。数控机床是在普通机床的基础上发展而来的,能加工复杂异形零件,具有良好的柔性、高精度和可靠的稳定性等优点。

数控机床作为现代制造业的主流加工设备,因其具有高效、准确、可靠等优点,已被应用到各个工业部门。通过计算机控制和模拟刀具的走刀路

线，使模型的曲面、镗铣等较为复杂的加工工艺实现自动化。数控加工和计算机辅助制造有机地结合在一起，成为现代模型制作不可或缺的一种方法。

数控技术对工业设计模型的意义在于，设计师一般只掌握基础机床加工，无法实现曲面的加工操作，那么数控可以帮助设计师轻松实现各种曲面的加工。数控有三轴、四轴、五轴、六轴、七轴之分，一般高校会用到三轴、四轴设备。轴数越多，越能实现更复杂的曲面加工，当然价格会越昂贵，而且编程难度高，不建议设计模型房选购五轴以上的设备。

使用数控机床进行模型制作的步骤如下：首先通过三维设计软件对所要制作的产品模型进行特征建模，如 Solid works、Pro/E、UG 等。在特征建模之后，将模型文件导入到具有数控编程和刀具路径模拟的 CAD/CAM 软件，例如：Mastercam、UG 等。常用的 CAD/CAM 软件具有方便直观的集合造型，可对导入的 IGS 格式的模型文件进行相应的处理。对待加工的模型进行加工工艺分析，确定毛坯的装夹方式和合适的加工工艺。根据我们选定的材料，确定所用的加工刀具和加工参数。完成以上步骤之后，编制刀具路径，将刀具路径文件转换成数控机床能够识别的 NC 程序文件，传输到数控机床的控制端。数控机床根据 NC 程序文件对毛坯进行数控加工，完成产品模型的制作。由此可见，这个过程不是一个简单操作的过程，需要掌握建模、编程、工艺、材料、结构等，而且涉及安全问题，因此它不是一个人人都能使用的设备。在国外高校，CNC 一般由专门的技师操作。

CNC 介入模型加工一般在整个设计开发的中后期，前期还是以手工和传统机加工为主（图 1-2-6 至图 1-2-8）。



图 1-2-6 多轴 CNC 加工场景 /uti/ 德国 /Universal Technical Institute/2018



图 1-2-7 学生操作数控铣床场景 /uti/ 德国 /Universal Technical Institute/2018



图 1-2-8 学生学习加工中心操作场景 /uti/ 德国 /Universal Technical Institute/2018

四、3D 打印增材制造时代

3D 打印技术 (3D Printing), 是增材成形技术的一种, 它是一种以数字模型文件为基础, 运用粉末状金属或塑料等可黏合材料, 通过逐层打印的方式来构造物体的技术。通过 3D 打印技术可以高效地将数字化三维模型制造成实体, 有效提高设计的效率 (图 1-2-9、图 1-2-10)。

3D 打印存在着许多不同的技术。它们的不同之处在于以可用的材料的方式, 并以不同层构建,

创建部件。目前适合工业设计模型用途的 3D 打印技术主要有熔融沉积快速成型 (FDM), 光固化成型 (SLA)。FDM 机器、耗材便宜, 但表面略粗, 且无法进行深度表面处理, 适合前期、中期草模; SLA 打印品质相对要高很多, 且可以后期打磨、上漆, 适合制作最终的视觉模型。它的缺点是设备和耗材都比 FDM 贵, 壳体强度不及 ABS 塑料。

3D 打印和 CNC 加工同样都是基于三维建模, 因此它也不适合在头脑风暴概念早期阶段介入。

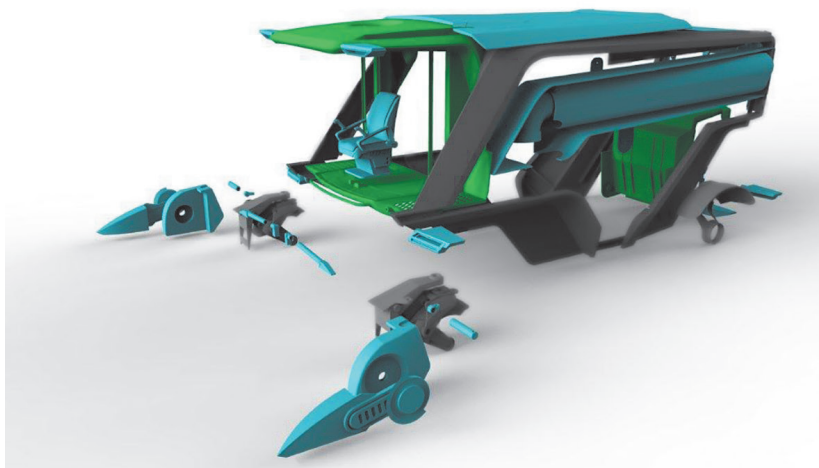


图 1-2-9 德累斯顿工业大学学生的毕业设计建模 /Christoph Schreiber/ 德国 / 德累斯顿工业大学网站 /2017



图 1-2-10 Christoph Schreiber 3D 打印、模型组装的场景 / Christoph Schreiber/ 德国 / 德累斯顿工业大学网站 /2017

第三节 中西模型制作理念的区别

自 20 世纪 90 年代起，国内各院校逐步设立工业设计专业，因为起点的基础差异，导致中西方在设计流程和设计哲学上有着鲜明的差别，进而影响到在模型制作上的理念差别。

一、模型制作的一般流程

1. 任务简报分析

在进行模型制作前我们要明确任务，比如使用模型来论证概念的可行性，或者展示设计的视觉效果等。一般情况下，在项目开发的早期模型可以由设计师主导决定，到中后期时，往往需要同客户进行沟通，考虑客户对模型的期许。同样，在校企合作的项目中，也需要兼顾企业方的要求。

2. 调研和分析

根据先前所确定的目标，进行调研和分析，如制作一个能够倾倒后会自行断电的智能台灯模型（图 1-3-1、图 1-3-2），在不进行全新电路板及软件开发的前提下，采用某种电子技术可以轻松实现这单个功能，同时控制成本。首先要进行技术调研；如面对一个较大的壳体，3D 打印机或者小型雕刻机无法一次成型，那么就需要对壳体进行分割，对原设计进行分析、再设计。这个过程需要考虑模型制作中各因素的可行性、成本、周期，避免莽撞行事，不做前期准备直接上手模型制作，导致中间过程卡壳甚至方案流产，浪费时间和金钱。

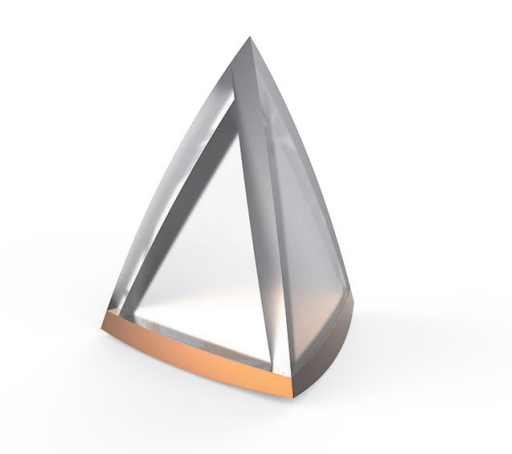


图 1-3-1 亚克力桌面灯壳体效果 / 施斌 / 中国 / 上海理工大学 / 2018

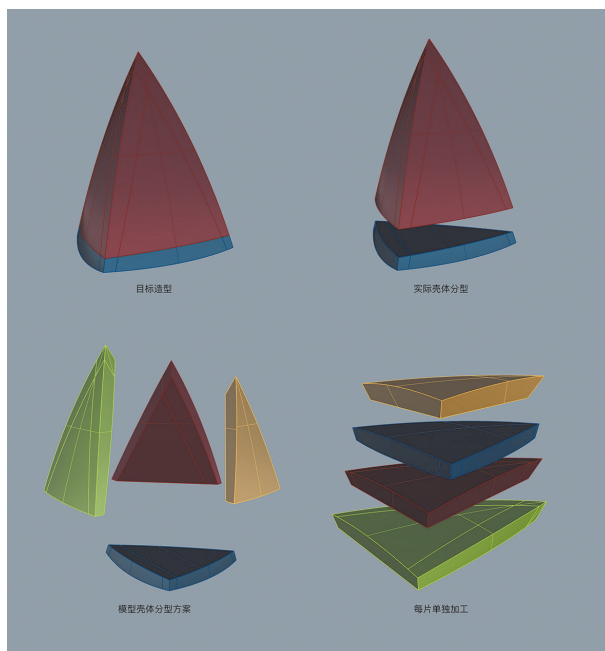


图 1-3-2 亚克力桌面灯用于模型制作的灯 / 施斌 / 中国 / 上海理工大学 / 2018

3. 制图和加工顺序的确定

一切以应用为主,因此我们并不一定渴求设计师能够像机械工程师一样去制图。我们需要制定各个零部件的尺寸、壁厚等基础参数,以及根据材料特性确定加工顺序和加工方式。如需要进行数控加工或3D打印,则还需要对所建的3D模型进行利于模型加工的优化处理。

4. 制作与装配

这是模型制作的最终阶段也是主要阶段,根据前期制定的零部件要求进行逐一制作,包括壳体和零件的造型制作、喷漆、印刷,通过预装配和调试,进行最终定型,同时完成模型制作。

二、不同的产品设计流程导致模型制作的差异

我国同欧美国家设计教育的差异主要区别表现在设计流程上,此区别也导致国内的整体设计水准相对低下。从大学设计教育到设计公司,对设计流程并未有足够的严谨性,而所采用的设计流程也缺乏科学性和长期实践的验证,因此不能输出具有稳定品质的设计结果。国内常见的设计流程如下。

第一步:市场调研(缺乏设计研究,导致结论没有洞察点,无法为后期的概念设计提供灵感)。

第二步:创意设计和造型设计。这往往是最混乱的一部分,把创意概念设计混合造型设计同时进行。后果是一旦创意有所调整或者功能有所变动,就会使造型设计前功尽弃。而且国内设计对于方案的横向扩展不做要求,缺乏创意的广度和深度,因而方案的被否定率较高。这种混沌的设计管理导致整体效率低、品质低。

第三步:建模和最终视觉模型。设计结果的输出、建模渲染是国内高校设计的重点,同时还要进行整个流程唯一的一次外观模型制作。对于较大比例的外观模型则由专业的模型制作公司完成。

以德国乌帕塔尔大学工业设计系的 Technical Design (技术设计方向) 为例,设计流程和模型配合如下。

第一步:设计研究 (design research) 含行为分析、市场调研、目标人群研究等,获取洞察点和设计框架条件、设计要点。

第二步:局部概念设计 (local concept design), 对局部设计点进行功能概念设计。

模型支持:简易模型制作以供概念论证。

第三步:整合概念设计 (consolidate concept design), 基于局部功能概念设计,对其进行整合,并形成若干个整个概念设计方案。

模型支持:简易模型制作以供概念提包、设计检讨。

第四步:发散性造型设计 (divergent modeling design), 根据设计研究部分的框架范围进行大量发散性造型方案设计。

模型支持:造型草模制作以供内部设计检讨,包括风格走向、形态、比例、体量、人机工程点等的早期设计要点的确定。

第五步:设计优化 (refinement), 对第四步的最终方案进行优化,包括结构、材质、表面处理、色彩、壳体分型等。

模型支持:优化模型供内部设计检讨。

第六步:设计定稿与最终演示模型制作。



图 1-3-3 超市自助扫描仪最初概念草模 / 施斌 / 中国 / UWID/2010

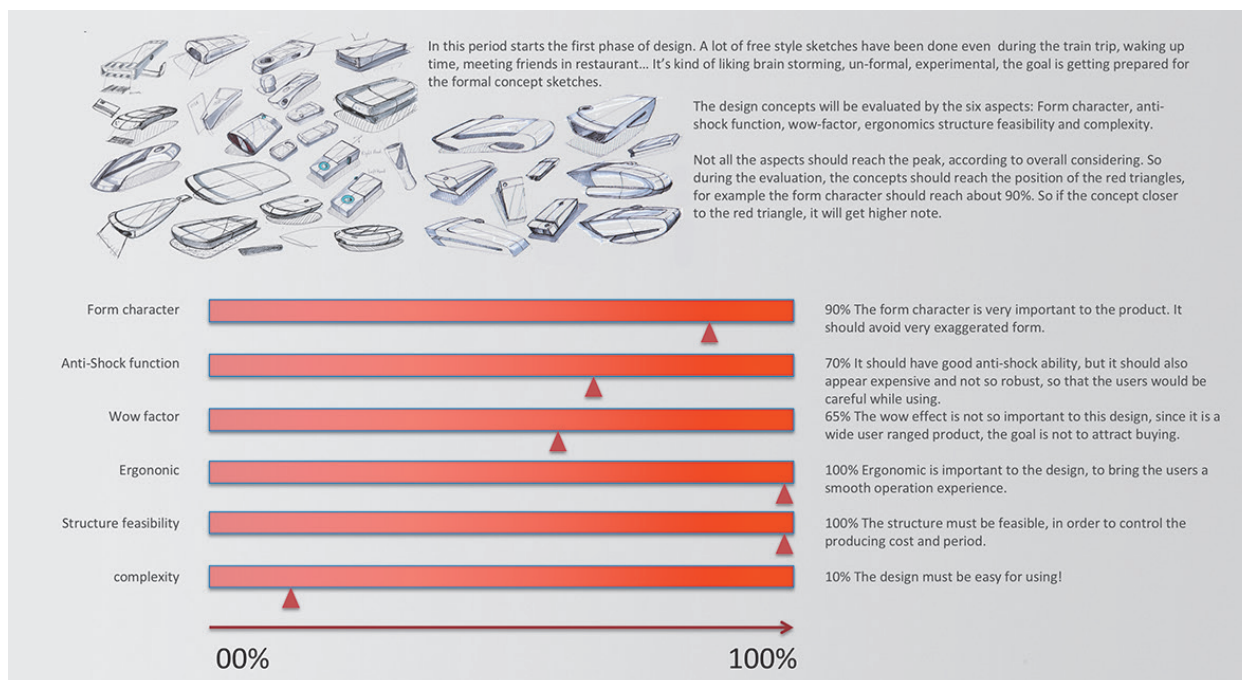


图 1-3-4 超市自助扫描仪基础造型阶段手绘方案及评估 / 施斌 / 中国 / UWID /2010



图 1-3-5 超市自助扫描仪二维效果图 / 施斌 / 中国 / UWID /2010

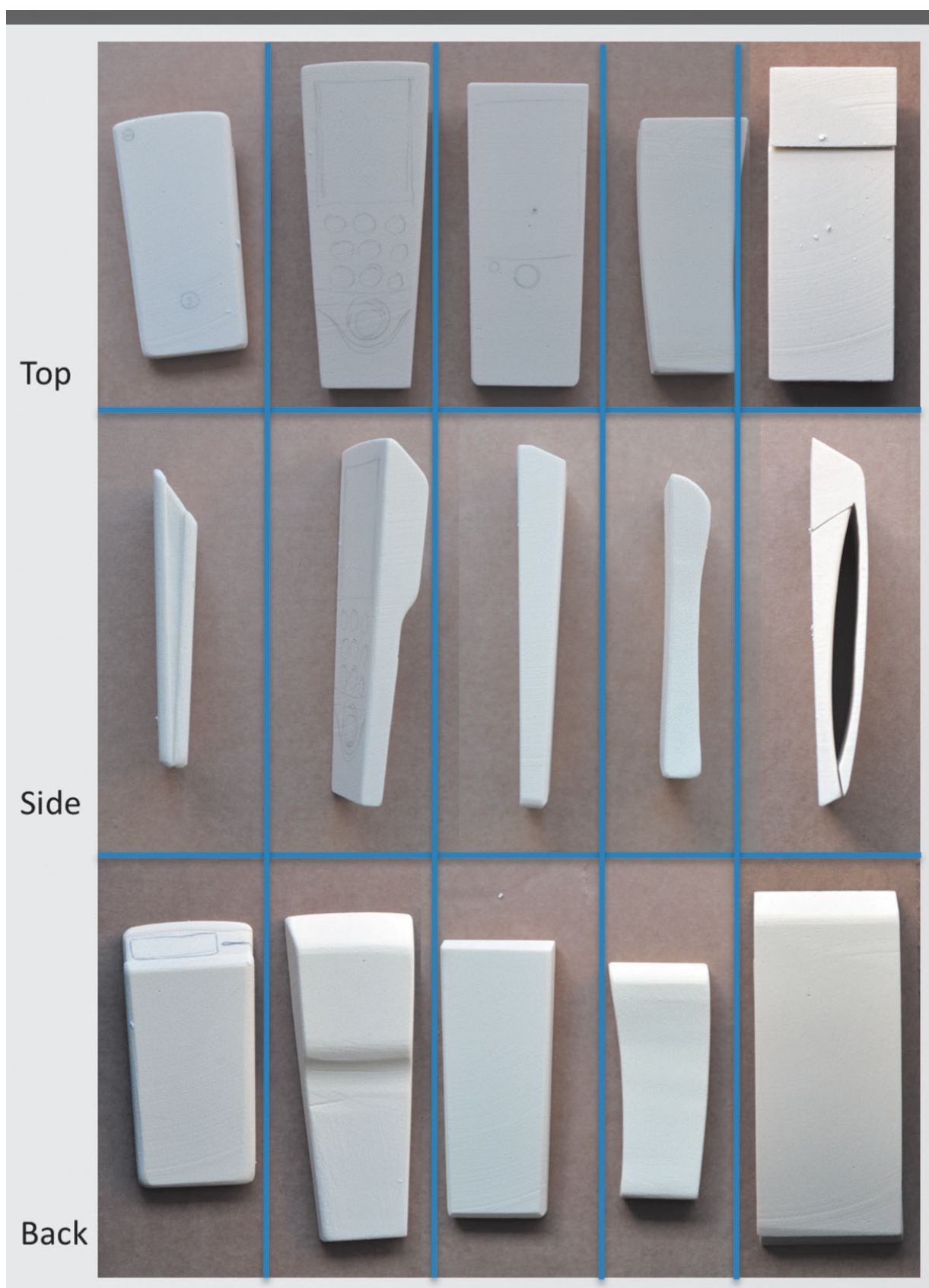


图 1-3-6 超市自助扫描仪造型草模 / 施斌 / 中国 / UWID/2010



图 1-3-7 超市自助扫描仪草模测试 / 施斌 / 中国 / UWID/2010



图 1-3-8 超市自助扫描仪最终设计 / 施斌 / 中国 / UWID/2010



图 1-3-9 超市自助扫描仪最终演示模型 / 施斌 / 中国 / UWID/2010

相对而言，欧美国家在设计流程上拥有非常强的控制，同时每个阶段如有必要，都会用到模型进行讨论和论证，保证整个设计过程的严谨度，这也是其能够保持稳定设计品质输出的重要手段。

三、国内设计教育在培养动手能力方面的培养现状

国内设计教育在动手能力的培养上缺少本质性的认识和投入。原因是多方面的，最本质的原因：国内设计教育忽略整体设计流程的严谨性，从而忽略流程中的不同阶段的模型制作。

其次我国的高校体制无法引入拥有专业模型技能的人员，导致模型教学的师资力量薄弱，多数高校只能引入油泥模型模块代替整体模型教学。

再者我国的高校保险体制不全面，除了常规的医疗险，目前还没有针对高校里的意外事故险。以德国为例，学生一旦进入高校的模式房，将自动赋予其意外事故险，所有在模型房里发生的事故，都会得到保险公司赔偿，而若没有相应的体制保障，高校单位便不敢大肆提高模型教学的比重。

尽管国内模型教育还存在各种不足，但这几年随着国际层面的设计教学交流增强，模型的重要性也逐渐被认知，并且随着交互设计的兴起，国内也开始流行以简单编程，如 Arduino 等开源电子原型平台的应用，原型机的制作（模型的一种形式）将会得到进一步提升。

四、国内外对模型技术工艺的研发与投入

国内一些知名高校已开始加大对模型工作室的投入力度。与此同时，一些设计公司也划分出一定的空间，装备 3D 打印机和初级模型加工设备，以供设计师更便捷地进行草模制作，进行设计验证。国内有相当数量的专业模型制作公司，且模型制作成本相对国外而言有着绝对的价格优势，目前国内的高校和企业的精模往往委托模型公司加工。因此，国内目前的格局是高校和一部分设计机构自行进行草模、一般精度模型制作，而形成产业链的模

型制作机构承担最终高端展示用模型和样机制作。

国外高校的模型一般都由学生全程自行制作,其模型空间规模大且专业,称之为模型车间。工业设计的模型车间一般分金工车间和木工车间,以德国乌帕塔尔大学工业设计系的模型车间为例,配置喷漆房、机加工车间、装配车间、切割打磨车间、数控加工车间 5 大部分,占地面积约 400 平方米,供约 100 名工业设计系在读学生使用。

在一些艺术设计类院校,拥有更多种类的工作车间,例如,汉堡艺术设计学院,拥有织物车间、人造材料车间、精细金属加工车间、金工车间、陶艺车间、木工车间(图 1-3-10)等 27 个服务于其所设设计专业的车间(图 1-3-11)。



图 1-3-10 Wuppertal 大学木工车间 /Schbing/ 德国 /UWID /2010



图 1-3-11 Wuppertal 大学模型房装配区场景 /Schbing/ 德国 /UWID /2010

五、以德国和上海为例的模型房规章制度设计

德国高校把模型房称为车间,车间充满了各

种工具设备,包含危险设备,如车床、铣床、电刨等,设备的使用规范、内部管理,是确保模型房安全的重要环节。在国内当下的环境里,模型房的安全设计是大多数高校的漏洞所在,社会上也没有相应的保险产品提供给学校,一旦出事,麻烦甚多,因此有很多高校索性放弃模型教学,搁置模型房运行,这是最安全的办法,当然也相当于把设计教学给舍弃了。

上海理工大学工业设计系以德国高校的模型房运营规则为基础,结合国内现实情况,总结出一套要求考证上岗的管理教学制度,考核要点如下。

(1) 大一期间,每学期开设模型课,进行理论教学和实践教学,理论部分主要包含实验室使用规范;实践教学占 70%,要求学生在学习并掌握每一个设备的操作流程与使用规则。

(2) 先进行理论考核,通过后进行实践考核,最后发放模型房上岗证书(图 1-3-12)。形式略类同汽车驾照考核。理论部分主要教导学生如何使用模型房,包括设备的借用、卫生清洁、2 人留守制等;实践部分主要涉及如何正确、安全的操作电动设备,模型房事故主要来自电动设备的不规范操作。

(3) 通过理论考核后,方可进入模型房进行模型制作,但仅限手动工具;通过电动工具实践考核后,方可借用电动工具。实践考核通过单元会被打上通过日期,同时模型房管理系统留档,如图 1-3-12 所示,电刨、压刨未通过,则不可借用,也不可使用其他同学借来的电刨、压刨机进行操作,但可借用车床铣床等已通过考核的设备。一旦发现违规操作,没收上岗证,不得重考。

(4) 获得上岗证后,在正式开始使用模型房前,学生还需同模型房签订一份协议,主要内容强调:实验室需要确保设备、工具的稳定性和安全性,实验员需控制现场;学生需要严格遵守操作规范和模型房规章制度,如因违规操作导致事故者,责任由本人承担;对他人造成伤害者,也相应承担责任。

如学生无上岗证,但又因为课程设计需要制作模型,从安全角度考虑,建议学生委托社会上的专业模型厂进行加工,而不是冒险自行操作。

模型实验室上岗证

姓名 张学俊学号 3309201709387专业 产品设计年级 17 (2)

照片

模型实验室理论考核: 94

电动工具实践操作考核:

车床 18.4.23电刨 18.10.12砂光机 铣床 18.4.23倒角机 电烙铁 钻床 18.4.23手钻 18.10.12CNC 台锯 18.4.23电凿 18.10.12FDM打印 带锯 18.4.23钻磨机 18.10.12喷漆台 线锯 18.10.12电砂轮 18.10.12烤箱 电刨 角磨机 18.10.12热风枪 压刨 抛光机 18.10.12烫印机

注:

通过理论考核方可使用模型房。

通过电动工具实践操作考核方可使用相应的电动工具。

如有违规操作, 将剥夺大学期间使用模型房权利。

理工大学工业设计模型实验室

图 1-3-12 模型实验室上岗操作证样本 / 施斌 / 中国 / 上海理工大学工业设计系 / 2018

第四节 模型制作基础工具以及使用要领

模型制作过程中将使用到众多不同的工具，本书第二章实训案例里分别使用到了机械加工设备、木工电动工具等，这些工具设备的使用一般都要求在专业老师的监护下进行，每位学生需要经过独训方可上岗。另外模型制作过程也会大量使用到基础工具，如本节举例。这些工具相对比较安全，操作简单，使用频率也较高，初学者可自行学习掌握，有些常用小工具甚至可以人手一套。

一、切割类：刀、锯、凿子

1. 美工刀

美工刀（Cutter knife），是一种美术和做手工艺品用的刀，主要用来切割质地较软的东西，多为塑刀柄和刀片两部分组成，为抽拉式结构。也有少数为金属刀柄，刀片多为斜口，用钝了可顺片身的画线折断，出现新的刀锋，方便使用，也俗称刻刀或壁纸刀。美工刀正常使用时通常只用刀尖部分，切割、雕饰、打点是比较主要的功能。但是这种刀刀身很脆，使用时不能伸出过长的刀身，另外刀身的硬度和耐久性也因为刀身质地不同而有所差别。

为了正确使用，请注意以下几点。

（1）规格是否符合要求。

一般美工刀分为小、中、大、特大 H 型等，所以要根据具体情况选择合适规格的美工刀。

（2）刀刃使用长度。

刀刃伸出过长的话会被折断，很危险。刀刃伸出部分一般不超过 2 节。

（3）刀片是否完好。

使用具有良好切削刃的刀片，将有助于确保消费者的安全，消除对作品的损害，并保证干净利落的切割。

（4）使用要求。

使用时，一只手握紧刀柄，并确认另一只手的

放置位置。如果把手放在刀刃路径上，一旦用力过猛，很容易受伤！

（5）配合切割垫使用。

使用切割垫有助于保护工作台表面，而且可以延长刀片的使用寿命。

2. 弓锯和手锯

锯包括坚硬的刀片、金属丝或带有硬齿边的链条。它是用来切割材料的，常用于木材切割（图 1-4-1 至图 1-4-4）。

（1）弓锯。

现代弓锯是一种带有金属框架的横切锯，其形状是一个粗宽刃的弓。它是一种较粗糙的切割工具，可用于横切树枝或木柴（直径可能高达 6 英寸）。通常，弓锯是一种可用于直线或曲线切割的木工工具。有一个 C 形的框架，在张力下有一个刀片。弓锯是一种框架锯，它的薄叶片被一个框架拉紧。

框架也可以随时调整以适应不同大小的叶片。通过螺杆或其他机构将薄叶张紧。

在弓锯上，刀片可以安装在朝向或远离手柄的牙齿上，从而进行在推或拉行程上的切割动作。在正常使用情况下，垂直向下切割，并将工作放在台虎钳上，钢锯片将面向前方。

（2）手锯。

在木工加工和木工工艺方面，手工锯，也称为“锯板锯”，用于将木材切割成不同的形状，目的是为了把材料拼在一起，然后组成一个木制的物体。手工锯通常是通过刀片上面一系列的锋利点来操作的，它们比被切割的木材坚硬。手锯有点像桦锯，但有一个平的、锋利的边。

用锯片（板部）承受按住的力后，传递到刃尖。为了不减少刃尖的切割力，锯片则必须用难折弯，而且板材较厚的材料。因此切割槽宽，切断阻力也

模型制作

增加，需要费力使用。

可以通过下面两个方面来衡量锯切质量。

精密度：对于板厚 + 分齿间距能显现出实际切槽宽度有多少距离差。

切面光滑度：用锯把材料切断时，可以显现出怎样程度的切面，能光滑到什么样的程度，用毛刺和触感来判断。



图 1-4-1 各种不同的手锯 / 中国 / 亚马逊 /2018

3. 凿子

凿子（图 1-4-5）是一种常见的手工工具，在柄或把手的末端带有刃口。使用时一只手握紧凿子，与被加工的材料表面成直角，另一只手使用木槌进行敲击。通常用于雕刻或切割的材料有木材、石材等。使用时可以用手推，也可以用木槌或锤子敲击，使凿子刃口陷入被雕刻的材料内，从而去除材料。

木工凿子有很多规格，从细节加工的微型凿子，到用来去除大块材料的大型凿子。通常，在木雕中，一开始使用规格较大的工具，然后逐渐发展到更小的工具来完成细节作业。凿子根据不同用途有着不同的造型分类。

平凿：刀口是平的，刀口与凿身呈倒等腰三角形，主要用于开四方形孔或是对一些四方形孔的修葺。

斜凿：有一个 60 度的切割角度，用于修葺和雕刻横纹。

圆凿：刀口呈半圆形，主要用来开圆形孔位或是椭圆孔位。

角凿：类似于冲孔，具有 L 型的切削刃。用 90 度角加工出方孔、榫眼和角。



图 1-4-2 不同功能的锯条 / 中国 / 亚马逊 /2018



图 1-4-3 拥有 cross tooth 锯齿技术的锯片，适应快速锯木 / ARS 公司 / 日本 / 日本 ARS/2017



图 1-4-4 手锯角度辅助盒 / 中国 / 亚马逊 /2018



图 1-4-5 各种凿口的木工凿 / 德国 / VIENNAGE/2017

二、夹具类：台虎钳、卡钳

1. 台虎钳

台虎钳，又称虎钳，是一种装置在工作台上，用于夹持、稳定工件的机械装置，台虎钳有两个平行的钳口，一个固定在钳体或底座上，另一个是可移动的，由一个螺母和丝杠连接在一起（图 1-4-6 至图 1-4-7）。

在木工加工中，台虎钳通常固定在工作台上，和工作面齐平。它的钳口通常使用木材或金属制成，而金属钳口通常和木制表面贴合，从而避免损伤材料。

台虎钳使用时应注意以下方面。

(1) 台虎钳安装在钳台上，必须使固定钳身的钳口工作面处于钳台边缘以外，以保证夹持长条形工件时工件的下端不受钳台边缘的影响。

(2) 台虎钳必须牢固地安装在钳台上，两上夹紧螺钉必须扳紧，使工作时钳身没有松动现象。否则容易损坏台虎钳并影响工作质量。

(3) 夹紧工件时只允许依靠手的力量来夹扳动手柄，以免丝杆螺母或钳身损坏。

(4) 在进行强力作业时，应尽量朝向固定钳身，否则将额外增加丝杆和螺母的受力，以致造成螺纹的损坏。

(5) 不要在活动钳身的光滑平面上进行敲击工作，以免降低它与固定钳身的配合性能。

(6) 丝杆、螺母和其他活动表面上都要经常加润滑油并保持清洁，以利于润滑和防止生锈。

2. 卡钳

卡钳是常用的模型夹具之一，尺寸范围可从6寸到34寸不等，可以用于加工时候的固定、多块板料的固定等，如把多块薄板胶粘后进行24小时固定，获得一块厚板。有C形普通螺杆夹和F形快速夹、枪形夹、角度夹、桌钳等(图1-4-8至图1-4-12)。快速木工夹自身轻便，使用更方便，尺寸也可以做到更大，被广泛使用，一般模型房都会根据学生数配置几十个到上百个不同规格的快速木工夹。

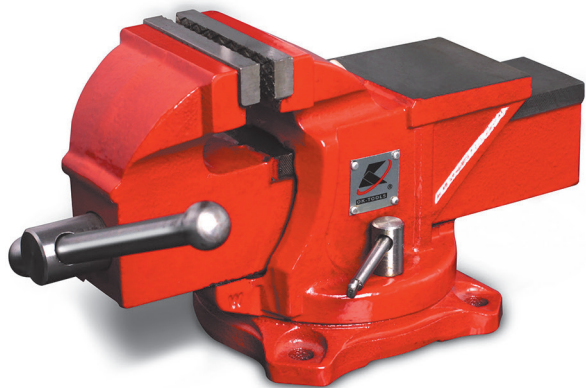


图 1-4-6 重型台虎钳 / 英国 / UK Tools/2016



图 1-4-7 轻质桌面台虎钳 / 中国 / 亚马逊 /2018



图 1-4-8 直角木工夹 / 中国 / 亚马逊 /2018



图 1-4-9 枪型木工夹 / 中国 / 亚马逊 /2016



图 1-4-10 C型木工夹 / 美国 /Irwin Tools 网 /2017



图 1-4-11 G型木工夹 / 中国 / 亚马逊 /2017



图 1-4-12 F型木工夹 / 中国 /ehoma industrial corporation/2018

三、打磨类：砂纸、锉刀

1. 砂纸

砂纸是由一面涂覆有研磨材料的纸或布组成，用以研磨金属、木材等表面，以使其光洁平滑。根据使用的磨料种类，砂纸可以分为金刚砂纸、人造金刚砂纸、玻璃砂纸等多种。可以用砂纸磨料的名称来描述砂纸，如“氧化铝纸”或“碳化硅纸”。根据砂纸的用途，可以分为干磨砂纸、耐水砂纸、无尘网砂纸。干磨砂纸广泛应用于木料打磨，特别是粗磨。水磨砂纸会印刷有“waterproof (耐水)”字样，质感比较细，水磨砂纸适合打磨一些纹理较细腻的东西，而且适合后加工；水磨砂纸的砂粒之间的间隙较小，磨出的碎末也较小，和水一起使用时碎末就会随水流出，所以要和水一起使用，如果拿水砂纸干磨的话碎末就会留在砂粒的间隙中，使砂纸表面变光从而达到它本有的效果。而干砂纸就没那么麻烦，它的沙粒之间的间隙较大，磨出来的碎末也较大，它在磨的过程中由于间隙大的原因碎末会掉下来，所以它不需要和水一起使用。

砂纸的一个重要规格标准便是砂粒尺寸，它是指砂纸中嵌入的研磨材料颗粒的大小。粒度有几个标准。这些标准不仅定义了平均粒度，还确立了平均粒度的允许偏差。

砂纸的粒度通常表示为与颗粒大小成反比的数字。一个较小的数字，如 20 或 40 表示粗粒度，而一个较大的数字，如 1500 表示细粒度。

表 1-4-1 是由参考引用材料制成，比较了 CAMI 和 ISO/FEPA 两种标准下的砂纸规格，它们的平均粒度使用微米单位。

表 1-4-1 砂纸规格表

	ISO/FEPA 标准	CAMI 标准	沙粒间距 (μm)
超粗砂纸 (用于快速去除材料, 初次打磨时使用)	P12		1815
	P16		1324
	P20		1000
	P24		764
	P30		642
	P36		538
	P12		1815
	P16		1324
粗砂纸 (用于快速去除材料)	P40	40	425
	P50		336
中型砂纸	P60		269
	P80		201
	P100		162
	P120		125
细砂 (木料表面打磨)	P150		100
	P180	180	82
	P220	220	68
细砂纸(表面打磨)	P240		58.5
	P280		52.2
	P320		46.2
	P360		40.5
特细 (木材初抛光)	P400		35.0
	P500		30.2
	P320		28.0
	P600		25.8

续表

	ISO/FEPA 标准	CAMI 标准	沙粒间距 (μm)
超细 (最终打磨, 抛光木材)	P800		21.8
	P1000		18.3
	P1200		15.3
超细 (最终打磨和抛光)	P1500	800	12.6
	P2000	1000	10.3
	P2500		8.4



图 1-4-13 2500 目超细耐水砂纸 / 德国 / Starcke/2010

2. 锉刀

锉刀是一种从工件上面去除材料的工具，广泛用于木工和金工作业。大多数锉刀都是手工工具，由矩形、方形、三角形或圆形截面硬化的钢条制成，可以有一个或多个表面作为工作表面，以平行、锋利的牙齿进行作业。

锉刀横截面可以是平的、圆的、半圆形的、三角形的、正方形的、刀刃的，或者某些更特殊的形状。

锉刀按横截面形状分有扁锉 Flat Files（平锉）、方锉 Square Files、半圆锉 Half Round Files、圆锉 Round Files、三角锉 Triangular Files、菱形锉和刀形锉等（图 1-4-15）。平锉用来锉平面、外圆面和凸弧面；方锉用来锉方孔、长方孔和窄平面；三角锉用来锉内角、三角孔和平面；半圆锉用来锉凹弧面和平面；圆锉用来锉圆孔、半径较小的凹弧面和椭圆面。

锉刀按锉纹形式分单纹锉和双纹锉两种。单纹

锉的刀齿对轴线倾斜成一个角度，适于加工软质的有色金属；双纹锉刀的主、副锉纹交叉排列，用于加工钢铁和有色金属。它能把宽的锉屑分成许多小段，使锉削比较轻快。



图 1-4-14 不同粗细齿纹的锉刀 / 美国 / Nicholson/2010

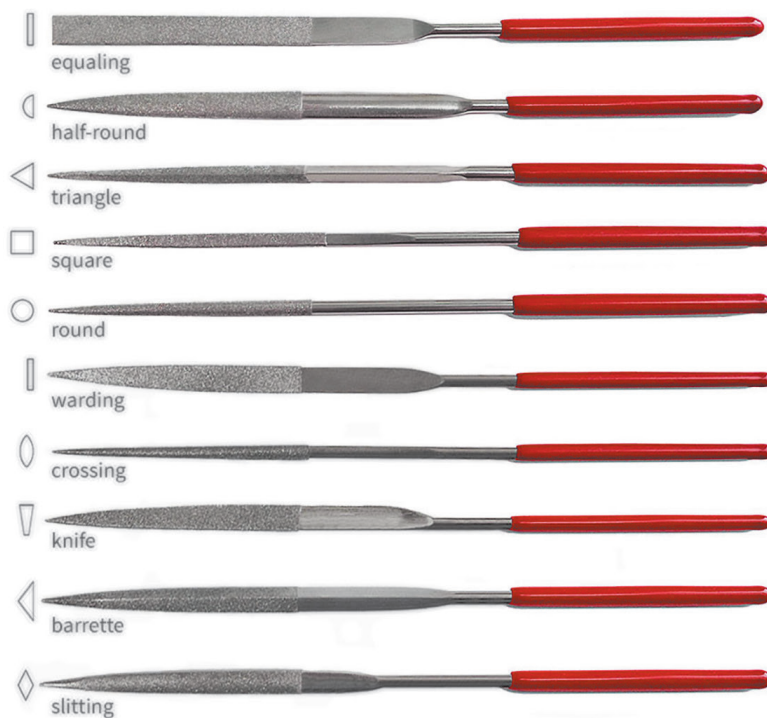


图 1-4-15 不同截面形状的金刚砂锉刀 / 中国 / Hi-Tech Diamond/2011