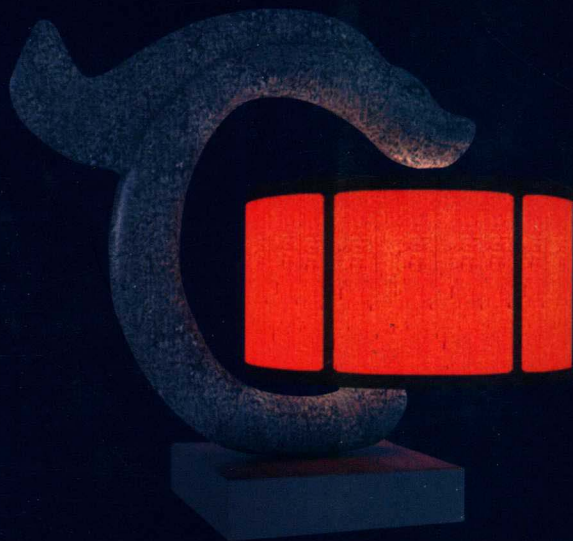


VIRTUAL SLUDGE TECHNOLOGY
AND TOURISM PRODUCT DESIGN

虚拟污泥技术与
旅游产品设计

胡瑞波 著



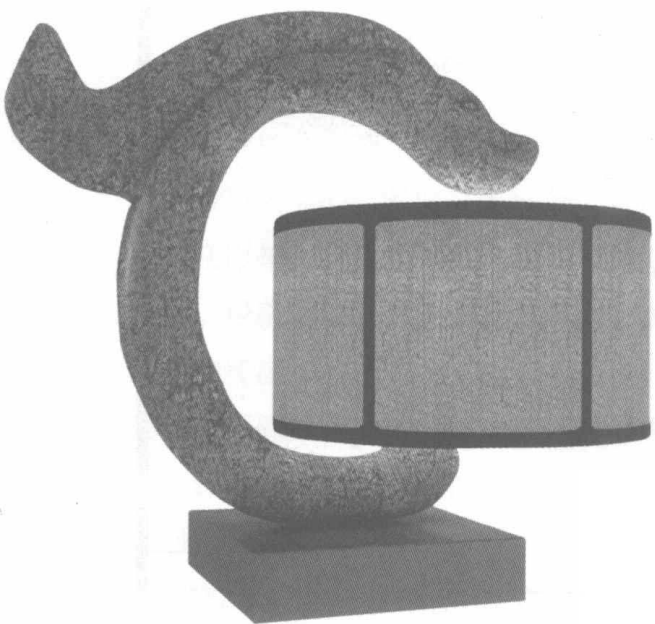
非外借

湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

VIRTUAL SLUDGE TECHNOLOGY
AND TOURISM PRODUCT DESIGN

虚拟污泥技术与 旅游产品设计

胡瑞波 著



湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统介绍虚拟油泥技术 FreeForm 及其在旅游产品设计中的应用。内容包括虚拟油泥技术 FreeForm 的概念及特征, 虚拟油泥技术 FreeForm 中的三维建模、线框建模、曲面建模和实体建模, 虚拟油泥技术在产品设计、旅游产品设计、角色设计和古生物旅游产品开发设计中的应用。并以实际的例子介绍了虚拟油泥技术从产品的概念设计、功能设计到产品生产整个过程的操作方法与要领。

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟油泥技术与旅游产品设计 / 胡瑞波著 . — 长沙: 湖南大学出版社, 2018.12

ISBN 978-7-5667-1695-8

I . ①虚 ... II . ①胡 ... III . ①油泥—数字技术—应用—旅游产品—产品设计 IV . ① F590.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 277394 号

虚拟油泥技术与旅游产品设计

XUNI YOUNI JISHU YU LUYOU CHANPIN SHEJI

著 者: 胡瑞波

责任校对: 尚楠欣

责任编辑: 李 由

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88821691 (发行部) 88821174 (编辑部) 88821006 (出版部)

传 真: 0731-88649312 (发行部) 88822264 (总编室)

电子邮箱: pressjzp@163.com

网 址: <http://www.shejisy.com> <http://www.hnupress.com>

印 装: 湖南雅嘉彩色印刷有限公司

印 张: 8

开 本: 889mm×1194mm 20开

字 数: 188千

版 次: 2018年12月第1版

印 次: 2018年12月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-1695-8

定 价: 58.00元

版权所有, 盗版必究

湖南大学出版社图书凡有印装差错, 请与发行部联系

序

从“人猿相揖别”后的“剡木为舟”到“铜铁炉中翻火焰”时代“千里走单骑”的宝马香车，从“上疆场彼此弯弓月”时代后的蒸汽机车到电气时代的航空飞机乃至信息时代的自动化高铁和宇宙飞船，人类凭借自己不同时代的“造物”产品一步步远离曾经作为生息之所的自然，迈向那充满神秘的远方以及广袤空间。其中，人类的智慧创造及其双手的劳作在产品设计与空间营造技术的迭代更新中无疑具有决定性意义。时下的造物因在产品设计与空间营造技术上的种种曲解乃至误读，不仅引发了类似工业革命时期捣毁或“砸碎机器”的抵抗运动，而且在当今企业中还引发了诸如连续“十三跳”之类某些反人类的自毁性过激行为。为此，20世纪初以来不少学人从各个层面展开了相关研究。目前胡瑞波同志在其硕士论文基础上完成的《虚拟油泥技术与旅游产品设计》一书尽管仍侧重于应用，但也无疑是对类似产品设计本原与空间营造技术问题的一种思考和回应。

产品设计在流行观念中至少存在作为造物的产品形状展现、语言转化、形态表达、

内涵体验和多维系统说与作为工业设计异名的狭义、俗称及修定说等，这些又莫不直接或间接指向作为产品基本构成的功能、技术与形式等，并一同形成流行观念中“崇形尚用”的内涵。然而，如果超越这种主客对置的崇形尚用流行观并经由现象学的分析会发现，本原意义上的产品设计实则是人类对造物产品的一种“语言转化”，即通过产品作为寓所的“语言”达至真理的一种“存在”，亦即通过某种转化技术对“世界”的开启。而这种存在或开启本质上也是一种质能信息空间营造的技术，即通过一种“解蔽”方式实现对作为世界开启或存在这种质能信息空间的“营造”，亦即设置或营造某种产品的质能信息空间。同样，旅游产品设计不独是崇形尚用的谋划，而是设置或营造某种特定旅游纪念品所开启的世界或存在的空间。

时下，这个“空间”，流行观念中既包括西方诸如虚空、实体说等在内的主客两分的心物分殊空间，也包括对此前传统空间意识产生冲击和颠覆作用但仍带有类似形而上学这种主客空间意识痕迹和分别偏重社会与自然的那种时空互依的辩证观及相对论空间。

本原观念中则涵括中国传统整体观的空间以及受这种东方空间观影响并在试图回归、超越乃至突破西方形而上学局限重返古希腊传统观念基础上发展起来的那种以海德格尔、梅洛-庞蒂等为代表的“此在”或身体现象学的存在论空间。然而，考究这种空间意识的生发和突显，无论是基于西方杰姆逊、奥斯本关于 20 世纪西方现代主义与后现代主义的分殊或系缚时空观空间或福柯 19 世纪与 20 世纪的西方前时后空的空间乃至爱因斯坦的 19 世纪之前古希腊为代表的由实而虚的西方时空空间，还是基于国内王晓磊博士的整个西方史的形上、主客、科学及社会学的空间或冯雷除实体、虚空外的西方具体、实质、都市和全球化空间等，都莫不涉及对空间一词本源之义的追问。其中，海氏关于空间并非一“物理的环境”而是由作为“本身是一个位置的东西”之“物”所“设置”的空间观较之受其影响的梅氏关于空间并非一“物体得以排列的（实在或逻辑）环境，而是物体的位置得以成为可能的方式”的思想无疑更具本原性，并且海氏这种由“位置”所提供天地人神场所的空间观在旅游产品设计中表现得尤为突出。

然而，类似海氏的这种空间观一开始并未得到应有的重视，由此在产品的空间营造或设置技术的流行观念中，便先后引发了诸如柯布西耶的那种作为以居为器的住宅，即工具的空间营造技术观和亚里士多德的作

为工具性“四因”的以技术为工具的空间营造技术观，从而将“技术”仅仅视为作为某种名称的技能和作为“制作和操作”的某种“手工行为”，而将作为物的“认识”之“解蔽”这“产出”的原初内涵以遮蔽。当前，现代技术尽管也是种“解蔽”，却是以开发、改变、贮藏、分配、转换的“促逼”方式摆置着自然的订造即“开采”，而处身于这种订造的“漩涡”。“持存”作为一种“超出单纯的‘贮存’”，不仅“如此这般被订造”而且也促逼着人去“把自然当做一个研究对象来进攻”直到“连对象”也消失于作为“现实”的“持存物”的“无对象性”中。于是海氏的那种“空间”即作为处身“在”世界“之中”的此在之人由作为“意蕴关联所指引的寻视操劳来加以确定”某“物”之远或近即所处的“场所和位置”，也因为类似飞机的“去远”而将其作为位置之“可能”的这种“空间性”遗忘。同样，这在产品的空间营造技术上也出现了类似可怕的现象。

如前所述，不独相对于传统“造型设计”在各种造物产品设计空间营造技术上存在各自优劣，而且在各种产品设计空间营造技术中，其他计算机辅助设计也有类似的优与劣。然而，虚拟油泥技术则不仅克服了传统造型设计和其他计算机辅助设计各自可能存在的缺陷，而且将两者优势集于一身。为此，德国学者施普尔等指出“虚拟油泥造型”技术的突出“特点”在于：一是“可以适应创造

性设计过程所提出的直观要求”，二是设计人员可以在虚拟环境空间中，借助“鼠标、空间鼠标或者轨迹跟踪系统随意削掉和涂抹虚拟的油泥材料”，类似“传统的造型过程制作出能随意成型的虚拟油泥模型”。（观点来源于：[德]施普尔.虚拟产品开发技术[M].宁汝新，等，译.北京：机械工业出版社，2000：304-312）

实际上，虚拟油泥技术主要指“3D 触觉式设计系统”（3D force-feedback systems），即全称为“FreeForm Modeling Plus”，一般又简称“FreeForm”。这种 FreeForm Modeling Plus 电脑雕刻笔触觉式设计软件，最初“源自于 1990 年美国麻省理工学院（MIT）的研究项目”，而“Sens Able Technologies 公司将 3D Touch 的技术应用到计算机内”，从而“为人类使用计算机起了重大的改变”，并最终使这种“具有 3D 力回馈系统的 FreeForm Modeling Plus 触觉软件”成为“世界上第一套能让设计师及雕刻家在电脑上利用触觉的方式就能完成 3D 模型的建构的系统”。（资料来源于：FreeForm 高级版电脑雕刻笔 [EB/OL]. 广东领创科技有限公司 2012-08-31）

就是说，通过这种虚拟油泥造型技术，“设计师可以随心所欲并且快速地创造出自己想要的复杂模型”，就像“雕刻黏土一样真实、生动”，完全“摆脱”其他“传统 3D 软件”的束缚，将“设计师的创意、灵感及想

表达的意图完美地呈现出来”。（资料来源于：FreeForm 高级版电脑雕刻笔 [EB/OL]. 广东领创科技有限公司 2012-08-31）为此，“好学易上手”“完美地呈现设计意图”“加快开发设计流程”“用途广泛”成为作为电脑雕刻笔系统的虚拟油泥技术的突出特点。因而，在除旅游纪念品外的其他“玩具、动漫、珠宝、工艺品、陶瓷、家具、鞋业、运动器材、汽车业、3C 产业、医疗及模具制造”诸方面有着无限的前景。

显然，这种虚拟油泥造型技术 FreeForm，作为“目前全世界第一套能够让设计者在电脑上利用触觉就能完成 3D 模型设计与建构的计算机辅助设计系统”，不仅“引入了计算机 3D 模型设计与制作的触感，彻底改造人机交互接口和设计界面”，并“允许设计师在形态与功能之间制作充满智慧和富有创意的作品”而无需受任何传统三维模型制作工具的限制，从而能够“像通过触觉去雕刻黏土一样，可以雕刻设计任何形态的三维造型”，而且可以“再结合电脑 CAD 的功能，让使用者能够快速且随心所欲地创造出自己想要的模型”。（资料来源于：FreeForm 高级版电脑雕刻笔 [EB/OL]. 广东领创科技有限公司 2012-08-31）

面对这种“在手状态”对置化空间营造技术倾向，胡瑞波同志新著《虚拟油泥技术与旅游产品设计》一书将“上手状态”这种作为位置的“可能”性“空间”重新回置于

审视，无疑是对类似产品设计中空间营造技术所出现的持存与去远问题的一种思考和回应。

贵州师范大学副教授、研究生导师，西安美院艺术学博士 周 鼎

2018年6月26日 于夜郎故地

是为文并代序

前 言

21 世纪是设计的世纪，同时也是竞争的世纪，任何设计都将面临激烈的竞争。社会需要的设计是有竞争优势的设计而不是被淘汰的设计。由此，快速、高效地进行产品设计是目前设计方法学的一个重要研究领域，而虚拟油泥技术 FreeForm 的出现是对现有计算机辅助设计方法的一个有益补充。因此，笔者的研究对于丰富计算机辅助设计的建模方法，特别是对于曲面模型、快速建模与制造一体化、快速响应市场需求与变化具有较强的应用价值。

美国未来主义学者阿尔文·托夫勒在《第三次浪潮》写到人类社会的三大浪潮：第一次浪潮是经历了农业文明阶段，具体是从原始野蛮的渔猎时期进入农业为基础的社会；第二次浪潮是工业阶段，重要的特征是技术的突飞猛进，工业化大生产和销售变成了可能；第三次浪潮是信息为中心阶段，表现为科学技术进一步突飞猛进，更加丰富的物质生活和文化生活对人类社会的发展产生了深刻的影响。法国著名的学者雅克·埃吕尔认为：“技术发展有着内在的逻辑与规律，技术对社会的全面渗透使得技术摆脱了社会的控

制。不仅如此，技术对人的思想观念和思维方式都带来了深刻的影响，导致人逐渐依赖于技术而难以控制技术，技术变迁是社会变迁的重要因素。”20 世纪以来最重要的发明是计算机技术。计算机技术被称为“知性望远镜”，有效地利用了视觉形式呈现人类对未知世界的探索与愿望的目标。计算机技术的进一步拓展与应用，使人类进入了数字时代。这个时代有着交互性、娱乐性和体验性特征并深刻地影响了人类社会。随着互联网技术的不断更新和变革，互联网技术也逐步从 web1.0 时代走入了 web4.0 时代，从网页搜索引擎、网站、数据库、文件服务器等，逐步地走入了本体、语义查询、人工智能、智能代理、知识结点、语义知识管理的时代。人工智能是一种重要的科学技术，它的出现进一步实现了艺术和科技的融合，实现了工业形态和表现形式的多样化。

随着工业化、信息化的速度逐步加快，人类逐步进入非物质社会，进入数字化社会、信息社会或者服务型社会。信息社会的主要特征是信息工人所占的比例逐步加大，同时，先进知识在消费产品和新型服务中体现的比

例逐步加大。大众媒体、远程通信、电子技术服务、大数据、云技术及“互联网+”等信息服务的到来，标志着人类社会由“硬件形式的社会”走入了“软件形式的社会”。很明显，整个社会正在发生一场深刻的技术革命，信息技术能够“再现”人类社会的各种日常生活，对人类的声音、视像、思想和行动等的数字化处理越来越逼真，从而导致人类有一种很强的“失去控制”的感觉。与此同时，设计也在经历着一场巨大的变革。工业产品也好，旅游产品也罢，都逐步依赖人造智能技术，批量化生产和多样化的需求之间正在发生深刻的变化。对于消费者而言，人性化设计、情感化设计、个性化设计的需求逐步增加。对于企业家而言，精打细算和最小消耗，成为了企业生存之道。在这个过程中，“花样设计”和“节能设计”成为了设计者关注的焦点。设计者不仅仅需要进行“产品自我设计”，而且“目标和问题的设计”成为设计者不得不思考的问题。由此，引入新的技术平台，优化设计流程、快速制造和快速销售成为企业发展的重要途径。

本书就是在这个大的背景下，在查阅国内外相关文献资料的基础上，围绕快速产品设计展开的研究。

首先，从虚拟油泥技术的技术构成出发，分析了虚拟油泥技术的产生、发展、繁荣及其未来的发展趋势四个阶段。将其第四个阶段即触觉式设计中的复杂曲面造型作为研究

对象。通过分析虚拟现实技术、力的反馈技术、3D Touch 技术及其 FreeForm 的操作系统，从三维建模中的线框建模、面片建模及实体建模出发，比较了基本体构建法、视图构建法和自由雕刻法三种建模方式。分析了其概念及其特征，得出该技术的优点在于复杂曲面造型设计。

其次，归纳了产品曲面造型、旅游产品的曲面造型、动漫角色的曲面造型及其他特殊的产品曲面造型设计，将其划分为有规律的曲面造型和无规律的曲面造型、具象的形态造型和抽象的形态造型、规整式（折线形、直线圆弧形）的曲面造型和不规整式的曲面造型。结合了产品设计的实例，详述了其建模方式，对于提升设计速度、丰富表达效果（曲面造型）、优化设计流程具有快速和方便的应用价值。

最后，通过其在各个领域的应用及其详细的作图步骤，得出了该技术有利于产品的概念设计、灵活多变的设计流程，有利于快速、高效地进行批量化生产。同时，也有利于发挥设计者的设计智慧，兼顾经济和社会效益，其造型易于满足消费者对于新颖和夸张的需求，并有利于明确的市场需求、良好的商品造型化及其产业化前景。

在这个过程中，引入虚拟油泥技术到旅游产品设计和制造中，对于满足消费者的个性化需求和多样化需求提供了帮助。那么，何为旅游产品设计？旅游产品设计是指以

批量化生产为前提的旅游工艺品设计、制造和销售一体化的过程。为了满足旅游者对于廉价旅游产品多样化的需求，解决旅游产品设计和制作的难题，引入虚拟油泥技术，将现代科学技术和现代设计有机结合，达到满足旅游工艺品的独特化和个性化需求的目的。快速设计、快速制作和快速销售对于缩短企业的产品开发周期、降低产品开发成本具有十分重要的意义。旅游产品很大一部分为旅游工艺品，其复杂的造型、复杂的制造工艺常常困扰着设计师。而工艺品的设计和制造，在现代技术应用以前，大多数是纯手工。工艺品在其制造的过程中对于手工艺者技术的熟练程度要求非常高。目前，手工艺从业者大多数是中低层群体，不能根据现代人的需求进行设计和生产，这使得传统工艺走到了临危的地步。虚拟油泥技术应用到旅

游产品设计的过程中，将现代技术、现代设计、快速制作和传统工艺结合起来，可以降低企业的生产成本和生产周期，有利于企业迅速地回笼资金，满足旅游者多样化的需求。

本书着重探讨了旅游产品的概念设计及旅游产品从市场调研、功能设计、原理设计到商业设计的整个过程。虚拟油泥技术的引入不仅有利于创造出更人性化、更优美、更符合消费者需求的产品设计，而且有利于快速生产和快速制造。因为该技术能够从设计制图到模型制作再到最后的成品实现一条龙的生产，能够解决旅游产品复杂曲面造型的问题从而优化设计。总之，虚拟油泥技术有利于实现产品的设计创新、工艺创新、材料创新、市场创新、设备创新、生产组织和管理创新及用户创新。

目 录

contents

第一章 绪 论	1
1.1 研究的背景	2
1.2 国内外的研究状态及存在的问题	3
1.3 研究的内容及研究的意义	7
1.4 研究的方法及相关的技术	9
1.5 本章小结	11
第二章 虚拟油泥技术 FreeForm 的概念及特征	13
2.1 引言	14
2.2 虚拟现实技术的概念及特征	14
2.3 力的反馈技术的概念及特征	15
2.4 3D Touch 技术的概念	16
2.5 FreeForm 操作系统的概念及特征	17
2.6 本章小结	19
第三章 虚拟油泥技术 FreeForm 中的三维建模	21
3.1 引言	22
3.2 线框建模	22
3.3 曲面建模	25
3.4 实体建模	28
3.5 本章小结	30

第四章	虚拟油泥技术 FreeForm	
	在产品中的应用	33
4.1	引言	34
4.2	FreeForm 在产品曲面造型设计中的特征	35
4.3	曲面造型在产品中的基本实例	40
4.4	虚拟油泥技术在产品中的优越性	53
4.5	本章小结	57
第五章	虚拟油泥技术 FreeForm	
	在旅游产品中的应用	59
5.1	引言	60
5.2	旅游产品的制作流程	60
5.3	旅游产品曲面造型设计的分类	62
5.4	虚拟油泥技术在旅游产品中的实例	63
5.5	虚拟油泥技术 FreeForm 在旅游产品中的优越性	72
5.6	本章小结	76
第六章	虚拟油泥技术 FreeForm	
	在角色设计中的应用	77
6.1	引言	78
6.2	FreeForm 在角色设计中设计的特征	79
6.3	FreeForm 在角色设计中的基本实例	81
6.4	FreeForm 在角色设计中的重要作用	84
6.5	本章小结	86
第七章	关岭三叠纪古生物化石中的旅游产品设计	87
7.1	引言	88
7.2	旅游产品概念设计的阶段	88
7.3	关岭三叠纪旅游产品开发的案例分析	90

7.4 关岭三叠纪古生物化石旅游产品开发的建设性意见	94
7.5 结束语	95
第八章 基于快速成型技术与虚拟油泥技术的旅游产品开发	97
8.1 引言	98
8.2 快速成型技术的概念、特点及工艺	99
8.3 CAD/CAE/CAM/PDM 等三维建模技术	101
8.4 虚拟油泥技术 FreeForm 在旅游产品设计中的实例	104
8.5 结束语	107
第九章 虚拟油泥技术 FreeForm 在旅游产品开发中的技术指南	109
9.1 虚拟油泥技术的技术构成	110
9.2 用虚拟油泥技术开发产品的设计过程	119
9.3 虚拟油泥技术和快速制造相结合	123
9.4 结束语	126
第十章 结论与展望	127
10.1 结论	128
10.2 展望	131
参考文献	133
附录 插图清单	138
后 记	143

1

第一章

绪 论

1.1 研究的背景

著名的华裔物理学家杨振宁和德国哲学家沃尔夫冈·韦尔施先后都认为，“21世纪是设计的世纪”。设计创造财富，设计创造未来。从某种程度上来说，设计创新已经成为中国经济可持续发展的动力。时至今日，“世界工厂”的中国正在从“中国制造”迈向“中国创造”。从“制造大国”到“制造强国”，从“中国制造”到“中国创造”，由“中国创造”引导“中国制造”，设计起着极其重要的作用。

在20世纪50年代，因世界市场竞争的推动，以美国为首的主要资本主义国家掀起了一股“创新性的活动”并逐步地将其推向高潮。于是“常规性设计”被创造性激活为“创造性设计”。在这种情况下，以“创新性设计”为指导的市场商品出现了空前的繁荣。新技术、新产品不断推出，结构创新、材料创新、造型创新、色彩创新、工艺创新等不断涌现，令人眼花缭乱。但是通过仔细的分析不难发现，此类产品在市场上的成功率还不到20%。在这种情况下，在20世纪90年代的美国就明确提出了“为竞争优势而设计”的口号，确切地说，指“为产品创建竞

争优势的设计思想、技术及其原理”，并进一步提出了“优势设计”这一核心的概念。实现这一核心概念成为了当今许多优秀设计人士苦心探索和追求的主题。在这样的背景下，虚拟设计应运而生。

首先，当今世界科学技术的发展正在逐步改善人类的生存环境，迫使人类社会进入了信息时代。由此以来，人类获取信息的要求和理解的要求也大大提高了。人们不再满足于传统的单一的信息处理方式，不仅通过人的视觉、听觉、触觉，而且包括形体语言和语音，在定性和定量、感性和理性认识相结合的多维信息中获取和理解信息，增强了人们认识世界的能力。为此，“虚拟现实技术”的出现和“虚拟触觉设计”的产生，大大增强了人们对此技术的迫切需求。

其次，在工业化大生产的今天，过分地强调抽象的几何形态，认为“立方体就是上帝的思想”，无论何种产品、何种形式都采用立方体的形式和几何形的形态，从而导致了产品设计走向了形式主义，甚至破坏了产品设计的使用功能。此外，几何形态的造型与对工业材料的追求使产品设计产生了一种

冷漠的感觉，缺乏人情味，由此难以在竞争激烈的市场中立足。为了改变这一现状，自 20 世纪 50 年代美国科学家黑林（Morton Heiling）开发了第一套虚拟现实视频设备——Sensorama 以来，虚拟技术逐步被人们所认识，也日益被科学家们确立为一个全新的技术发展方向，并积极进行研究探索。虚拟现实技术能根据人们研究的问题需求，为人们提供一个近似“真实”具有虚拟对象的虚拟世界；能够帮助人们沉浸于这个虚实结合的环境，身临其境地体验虚拟中的对象，加深对对象的认识，在这个“真实”的环境中研究和分析问题；可以根据需要，灵活扩大或缩小虚拟世界的时间与空间尺度；能够帮助人们在这个虚拟世界中以自然的方式与这个虚拟世界发生交互作用。虚拟触觉式设计通过“虚拟油泥”“虚拟设计”以及简单的操作组成，雕刻时会产生一个力的反馈作用，就像真实的雕刻一样。

触觉（haptic）或力反馈（force feedback）技术是一种新的高级人机交互技术，操作人员只要通过力的反馈设备，就能够计算机的虚拟环境中进行虚拟的雕和刻的操作，同时也能快捷地解决传统的 CAD 软件中遇到的问题。另外，FreeForm 在线框建模、面片建模以及实体建模的过程中，发现其软件最大的一个特点就是自由曲面。例如，在魔兽世界一个较为复杂的龙的形态，通过其软件来建模，在短短的 30 分钟内竟能够建构完成。针对虚拟油泥技术 FreeForm 在复杂曲面造型设计中的优点，结合虚拟油泥技术的概念及特征、力的反馈技术及特征、3D Touch 技术的概念及特征以及对 FreeForm 的操作系统的分析，发现其软件中三大建模方式中的自由曲面的优越性，由此引入到产品设计、角色动画、旅游产品设计以及建筑小品设计，发现其优点和不足。

1.2 国内外的研究状态及存在的问题

1.2.1 虚拟现实技术——起源、发展、成熟及其未来的发展趋势

Sutherland, I.E 在 In Proceedings of ISIPS Congress (New York City,

NY, May, 发表 *The ultimate Display* 指出：将显示屏幕当作一个窗口去观察虚拟世界，从而使观察者实现一种身临其境的感觉。Warren Robinett 发表 *Virtual Environment Workstation* 和 Lawrence J. Roseblum.

Roseblum 在 1994 IEEE Computer graphics and Applications 上发表 *Research issues in scientific visualization* 以及 Daniel J. Pezely, et al 发表 *A Second Second Step Towards Virtual Reality: The Entity Model and System Design. SIGGRAPH 1991 Technical papers Chair in January*, 共同发明了“Virtual Reality (即虚拟现实)”一词。其意思为计算机产生三维交互环境,使用户“投入”到了这个环境中去。从此,“VR”引起社会广泛的关注和丰富的想象。Y. H. Chen 和 Z. Y. Yang 发表 *Haptic modeling as an integrating tool for product development*, 将触觉建模技术作为产品开发流程中的整合工具来研究,提出了空间长度运算编码技术,应用远程操控技术和触觉反馈技术在产品开发建模和 CNC 数铣床中。S. Mizuno, S. Yamamoto 发表 *An Interactive CG System based on Virtual Sculpting and Virtual Woodblock Printing*, 介绍了虚拟油泥技术和虚拟三维打印技术的原理以及使用方法。XiuziYe 等在 *Reverse innovative design - an integrated product design methodology* 中提出了产品设计中逆向创新性设计的方法,利用触觉式建模设备作为产品开发中的点云处理后用于创新的重要工具。Mark Evans 等发表 *An investigation into the use of Haptic modeling during industrial design*

activity 研究了基于触觉得建模的工业设计建模活动比起传统建模活动的优势。Kuo-Cheng Wu 等发表 *FreeSculptor: A Computer-aided FreeForm Design Environment*, 重点介绍了自由虚拟雕刻系统在设计环境以及产品开发中的优势,以及其是如何提高了设计阶段的创新能力的。M. Bordegoni 等发表 *Haptic modeling in the conceptual phases of product design*, 展示了一项力反馈技术,其目的是在为产品设计建模而开发的创新系统的研究结果。

虚拟现实技术 VR 发展最成熟的国家是美国,其发展水平代表了国际先进水平。在短短的数十年中,该技术发展可以分为四个阶段:

第一个阶段:虚拟技术思想的产生阶段。1962 年由美国摄影师 Morton Heiling 研制的 Sensorama Simulator 多感官刺激的立体刺激设备。该设备拥有图像、振动、声音、气味等感知性能,此时还处于非交互式系统。另外一个学者 Sutherland 有着 VR 的先锋之称,他在 IFIPS 会议上发表 *The Ultimate Display*, 提出了计算机图形学的核心概念。他在文章中谈论到,可以把显示屏幕设想为一个窗口去观察虚拟世界,并能使观察者达到一种身临其境的感觉。Sutherland 于 1968 年在哈佛大学组织开发了第一个计算机图形头盔显示器 (HMD) 及与之相匹配的头部跟踪仪器系统,从而标志着虚拟现实技术