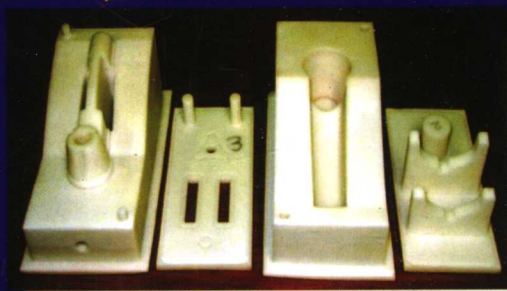
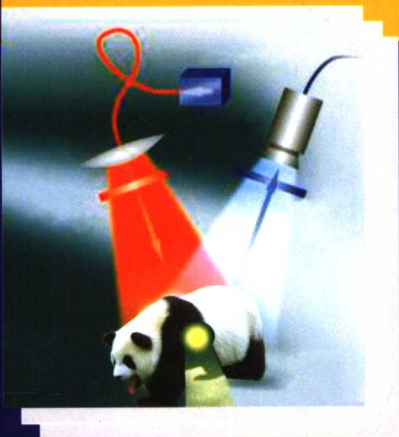
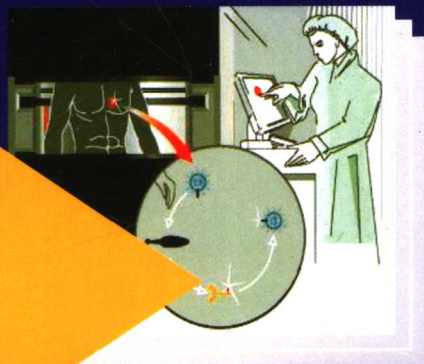
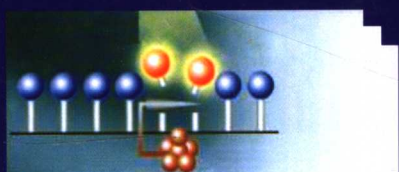


高等学校教材

Technology of
Special Type Molding and Pattermmaking

特种成型与制模技术

董祥忠 主编



化学工业出版社

高等学校教材

特种成型与制模技术

Technology of Special Type Molding and Pattermmaking

董祥忠 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《特种成型与制模技术》共分三个部分：第一部分介绍了三维产品创新与现代特种制模，包括“三维产品造型与设计，设计范畴及特种成型制模方法中的绿色虚拟设计与制模技术的现实意义和发展趋势，产品创新设计程序、考虑因素与处理方法以及计算机在现代产品创新开发中的新理念和模具装配造型、管理的表现形式等”；第二部分介绍了现代快速成型方法与经济制造模具的新技术，包括“高分子材料、金属粉末与板材和非金属材料的现代快速成型方法与经济制造模具的新技术，特别就石膏模型的特殊成型工艺以及它在刑侦、考古中的应用，木材、纸质成型方法与制造模型的新工艺”；第三部分介绍了现代特种机械去除、结合与激光冲压制造模具的新工艺，包括“电火花、线切割、模具型腔表面花纹化学腐蚀加工、化学涂镀、电铸及纳米电铸成型模具新技术、激光瞬间冲压制造模具等先进设备压力下的特种成型与快速原（成）型和先进制造（RP&M）的新方法”。

《特种成型与制模技术》是与“普通高等教育‘十·五’国家级规划教材《特种成型与连接技术》”相配合的姊妹篇，它为广大学生、工程技术人员和青年教师，提供了一套较为完整的现代工程产品的研究、创新开发与先进制造方法的专业读物。

该书可作为材料科学与工程、塑料成型模具、现代金属材料成型的本科学生教学用书；还可供临床医学的口腔和骨质修复中的外科重建、法医、刑侦、考古和艺术、生物工程、高分子材料、无机非金属材料、金属材料、冶金工程、工业设计、机械制造、计算机设计及工业自动化等专业的学生作为教学参考用书；也可供上述专业方向研究生的教学参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

特种成型与制模技术/董祥忠主编. —北京：
化学工业出版社，2006.11
高等学校教材
ISBN 978-7-5025-9480-0

I. 特… II. 董… III. ①工程材料-成型-高等
学校-教材②制模工艺-高等学校-教材 IV. ①TB3
②TG241

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 138186 号

高等学校教材

特种成型与制模技术

Technology of Special Type Molding and Pattermmaking

董祥忠 主编

责任编辑：彭喜英 杨 菁

责任校对：周梦华

封面设计：胡艳玮

*

化学工业出版社出版发行

（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

购书咨询：（010）64518888

购书传真：（010）64519686

售后服务：（010）64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 534 千字

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9480-0

定 价：35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

编写人员名单

主 编：董祥忠

副主编：刘 洁 宋大余

参 编：曾光廷 董 毅 王 涛
秦德福 何成生 汪晶晶
黄 先 牟 桐 舒 娜
潘瑞樟 冷百川

序

数千年来，人类一直在不断地了解、开发和利用自然界，在不断的探索中进行自我更新并改造自然界。科学技术的进步史，是一部人类社会为满足生存需要的奋斗史和创造史。人类的发展，充分证明了马克思主义的辩证唯物论，进一步体现了邓小平关于“科学技术是第一生产力”的英明论断。现代科学技术的飞跃式发展，加速了人类社会物质文明和精神文明的更替上升和跨越式发展。

21 世纪的科学技术正处在多学科集成、迅速发展并广泛应用的年代。新型材料、计算机图像、信息处理以及软件开发、临床医学生命仿真技术、能源激光科学、自动化控制管理科学以及现代先进制造技术等相互交融，协同互补，使人类发展空间不断向太空、海洋以及地球的内部拓展；产品和技术的开发创新不断得到提高，生产要求高效率，产品要求净成形，新型能源技术必须得到安全利用并不断升级变革等。因此，21 世纪将是人类自然科学技术发生重大变革、取得突破性进展的伟大时代。

为了培养造就一支具有创新精神和技术创新能力的高素质人才，本书主编组织了四川大学、华中科技大学、湖北工业大学、温州医学口腔医院和四川师范学院有丰富教学经验的教授及中、青年学者，编写了《特种成型与制模技术》教材。该书是紧接“普通高等教育‘十·五’国家级规划教材《特种成型与连接技术》”之后又一产品创新与开发的教学用书，它实为与其相配合的姊妹篇。《特种成型与制模技术》将为材料科学与工程专业、工业产品造型设计专业、塑料成型模具设计专业、机械制造专业、现代金属铸造成型专业、金属板材冲压成形专业、临床医学中的生物仿真、口腔和骨质修复中的重建外科、法医、考古、艺术和刑侦等专业本科学生与研究生的教育、培养奠定了一定的基础。

本书作者董祥忠、刘洁、宋大余、曾光廷、秦德福、王涛、董毅、何成生等集数十年教书育人之经验，对金属材料、无机非金属材料、固态和液态的高分子材料加工做了深入的研究，特别是结合现代加工制造中“快速原（成）型（RP）技术”，将上述多学科先进制造技术融会贯通，编写了一本多学科互为渗透、相关技术集成较为完整的工程类专业教科书。

该书汇集了主编 30 余年在教学领域中的精华，在查阅大量文献的基础上，编写了这本图文并茂、章节独立、内容深入浅出，集技术知识、趣味性与可读性于一体的创新型教材。

本书可供相关专业的本科生和研究生选择学习，更为各企、事业中有志于新产品开发、研究和创新的工程技术人员提供了一本非常实用的参考书。

中国工程院院士、四川大学教授：涂铭旌

2006 年 4 月 5 日

前 言

本书是根据当前国民经济建设的实际需求和人才培养目标,并结合材料、产品工程、机械和模具制造等学科领域的发展,由四川大学、华中科技大学、湖北工业大学、温州医学口腔医院和四川师范学院 5 所有丰富教学经验的教授及中、青年教师编写的。

本书共分三个部分:第一部分主要介绍三维产品造型与设计在产品创新、开发中的意义、设计范畴及特种制模方法中的绿色虚拟设计与制模技术的现实意义和发展趋势,产品创新设计程序、考虑因素与处理方法以及计算机在现代产品创新开发中的新观念和模具装配造型、管理的表现形式;第二个部分主要介绍高分子材料、金属粉末与板材、无机材料的现代快速成型方法与经济制模的新技术以及木材、纸质成型方法与制模的新工艺;第三个部分主要介绍现代特种机械去除与结合制模的新技术、新工艺,激光瞬间冲压制模等先进的设备压力下的特种成型及快速原(成)型和制造(RP&M)的新方法。

编写该书目的是加强学生对专业基础知识的掌握,拓宽材料成型与控制工程专业学生的知识面。将液态、固态的高分子聚合物材料,金属粉末与板材,无机粉末材料以及木材、纸张与现代先进的快速原型制造新技术和新工艺联系起来,并使学生在工业产品设计、临床医学仿生、口腔修复、骨质重建、刑侦考古、艺术产品类的加工和模具制造等领域中,对特种成型和先进制造技术有所了解。在增强对学生的创新思维和创新能力的培养中,能更好地扩大计算机在现代绿色产品的创新开发、虚拟设计、模具制造领域中的产品优化分析、工程技术处理和科学管理中的实际应用。为我国在 21 世纪中培养出更多的、企业所需的“特种成型与制模技术”方面的创新型人才。

此外,为帮助读者加深理解,还在各章的后面附有练习思考题及主要参考文献,可供广大读者学习、讨论,使理论学习与生产实际更好地结合起来。

参与本书编写的教师有刘洁、宋大余、曾光廷、董毅、王涛、秦德福、何成生和汪晶晶等;黄先、牟桐、舒娜、冷百川和潘瑞樟等为此收集、整理了大量资料,并对本书绘图工作给予了积极的支持和帮助,均在此表示感谢!

本书中各章节分工合作如下:董祥忠 1.1~1.4、2.1~2.3、4.1~4.5、5.1、5.3、5.7、6.2、7.3、7.4、8.4、9.1.1、9.2.1、10.1~10.4、11.1~11.5、12.1~12.3;刘洁 5.4、5.6、7.1、9.2.2~9.2.5;曾光廷 6.1、8.1.1~8.1.3、8.2、9.1.2~9.1.4;宋大余 6.3;秦德福 5.2;王涛 7.5;董毅 8.3;何成生 5.5;汪晶晶 3.1~3.3、4.1~4.5;黄先 7.2、8.1.4~8.1.6;牟桐 2.1~2.3;舒娜 7.3、11.4、11.5;潘瑞樟 10.3、10.4;冷百川 11.3、12.3。

本书能够成书出版与发行,在此要特别感谢华中科技大学“塑性成型模拟模具技术国家重点实验室的快速成型技术研究室”及“科技部快速原型制造技术生产力促进中心(湖北)”的莫健华教授和黄树槐教授,是他们为本书主编提供了解和深入领会“快速原型制造技术”的机会,也为本书的编写提供了极大的帮助。

由于编者水平有限,对书中的不足和不妥之处,诚恳希望使用本书的读者或同行批评指正。

董祥忠

E-mail: scdxzx@163. com

2006 年 7 月

目 录

第一部分 三维产品创新与现代特种制模

第1章 概论	1	练习思考题	38
1.1 三维产品造型与设计	1	参考文献	39
1.1.1 造型的含义	1	第3章 现代产品计算机创新开发的新概念	40
1.1.2 造型设计的实质	1	3.1 产品零件造型	40
1.1.3 设计一词的来源	2	3.1.1 产品的线框造型	40
1.1.4 设计的意义	2	3.1.2 产品的表面造型	41
1.1.5 设计的范畴	5	3.1.3 产品的实体造型	42
1.2 感性设计	6	3.2 产品特征造型的特点	47
1.2.1 产品的信息传递	6	3.2.1 产品特征造型的定义	47
1.2.2 产品的感性设计	7	3.2.2 产品特征造型的分类	48
1.3 特种制模方法的基本要求	8	3.2.3 产品特征造型系统实现模式	49
1.3.1 绿色设计与制模的现实意义	8	3.2.4 基于产品特征参数化造型系统	49
1.3.2 绿色设计与制模的发展趋势	9	3.3 特征造型系统基本功能介绍	50
1.4 现代特种制模发展的总趋势	10	3.3.1 特征种类及其生成方法	50
1.4.1 现代特种制模技术的发展	10	3.3.2 产品特征的操作	57
1.4.2 现代特种制模技术的基本要求	11	3.3.3 产品设计的变量	58
1.4.3 现代特种制模方式的变革	11	3.3.4 产品特征变量的管理	59
练习思考题	12	练习思考题	60
参考文献	13	参考文献	60
第2章 产品创新设计程序及考虑因素	14	第4章 模具装配造型与计算机三维造型	61
2.1 产品创新开发设计的程序	14	4.1 装配造型基本理论	61
2.2 产品设计的要素和方法	16	4.1.1 装配模型的表示	61
2.2.1 产品设计中人的因素	16	4.1.2 装配约束	62
2.2.2 产品设计中的环境与功能因素	17	4.2 装配造型的一般方法	65
2.2.3 产品设计中的形态与色彩要素	19	4.2.1 自底向上的装配设计	66
2.2.4 产品设计中的机械和构造要素	25	4.2.2 自顶向下的装配设计	68
2.2.5 产品设计中的材料与加工要素	25	4.3 模具装配模型的简化表达	70
2.2.6 产品设计中的经济要素	26	4.4 模具装配工程图	72
2.2.7 产品设计中的安全性要素	26	4.4.1 模具装配图及爆炸视图的创立	73
2.2.8 产品设计中的维修与保养	27	4.4.2 模具装配明细表	74
2.2.9 产品设计中的创新与专利问题	27	4.4.3 模具轴测图的阶梯剖切	75
2.3 产品造型的设计处理	28	4.5 现代产品的计算机三维造型设计	75
2.3.1 产品透视造成的错觉现象	29	4.5.1 计算机三维造型设计优势	76
2.3.2 产品错觉矫正的处理方法	31	4.5.2 计算机三维造型设计特点	77
2.3.3 产品造型与装饰关系上 的错觉处理	37	4.5.3 计算机三维造型典型样品	78
		练习思考题	79

第二部分 现代快速成型方法与经济制模新技术

第5章 高分子材料的快速成型与制模

新工艺 80

5.1 高分子液态材料成型的方法 80

5.1.1 高分子液态真空、嵌入与静态成型 80

5.1.2 高分子液态材料离心浇注成型 83

5.1.3 高分子液态/粉末材料的旋转成型 85

5.1.4 高分子液态材料浇注流涎成型 86

5.1.5 高分子液态材料的搪塑、浸蘸涂敷成型 87

5.2 高分子液态光敏树脂激光快速成型 89

5.2.1 液态光敏树脂材料的结构与性能 89

5.2.2 浸入式激光快速制造机型与工艺 90

5.2.3 液态环氧光敏/混杂树脂激光快速成型 91

5.3 环氧树脂合金材料快速经济制模技术 97

5.3.1 快速制造环氧树脂合金模具的方法 98

5.3.2 环氧树脂及其合金模具的应用 102

5.4 硅橡胶弹性模具快速制造技术 103

5.4.1 硅橡胶模具特性及RIM材料 104

5.4.2 硅橡胶模具制作工艺流程 104

5.4.3 硅橡胶模浇注制品的关键技术 109

5.4.4 硅橡胶模具新品试制及应用实例 110

5.5 聚氨酯弹性制品的生产及应用范围 111

5.5.1 热塑性弹性体的种类及性能特点 112

5.5.2 聚氨酯弹性体在临床医疗中应用 113

5.5.3 聚氨酯弹性体成型工艺 116

5.6 过渡成型模具的快速制造技术 123

5.6.1 桥模特点及所用材料 123

5.6.2 桥模成型工艺及条件 123

5.6.3 SLA壳/铝填充环氧树脂模具 125

5.7 热塑性塑料注塑与挤出成型技术 127

5.7.1 塑料型材挤出模具的设备及工艺 127

5.7.2 塑料中空挤出拉伸吹塑成型 129

5.7.3 PET瓶注塑、拉伸、吹塑成型 133

5.7.4 热塑性塑料气体辅助注塑成型 136

练习思考题 140

参考文献 140

第6章 金属材料的特种成型与制模新工艺 142

6.1 金属材料的特种铸造技术 142

6.1.1 金属液态压力铸造成型 142

6.1.2 金属液态低压铸造成型 145

6.1.3 金属液态离心铸造成型 146

6.1.4 金属液态连续铸造成型 148

6.1.5 金属液态真空吸铸、磁型和熔模成型 149

6.1.6 金属液态材料的串铸成型 150

6.2 有色合金液态材料快速经济制模技术 154

6.2.1 锌合金液态浇注成型模具 154

6.2.2 铍铜合金液态压铸经济制模 157

6.3 金属粉末的注射成型技术 160

6.3.1 金属粉末注塑工艺及原料特性 161

6.3.2 金属粉末注射成型工艺CAE优化 163

6.3.3 金属粉末注射成型产品及模具设计 166

6.3.4 金属粉末注射成型的设备 171

6.3.5 金属粉末注射产品特性及应用范围 172

练习思考题 175

参考文献 175

第7章 金属粉末和板材快速成形与制模

新工艺 176

7.1 金属粉末激光选域烧结制模技术 176

7.1.1 金属粉末直接法烧结制模 176

7.1.2 激光间接法烧结制模成型方法 178

7.1.3 金属粉末覆膜间接法烧结制模 179

7.2 气压熔触沉积快速造型与制模技术 181

7.2.1 AJS系统工作的原理及特点 182

7.2.2 AJS快速造型工艺的优化与控制 183

7.3 直接快速制造金属高精度模具技术 184

7.3.1 熔喷快速制造高熔点合金模具 185

7.3.2 直接快速制造高精度金属模具 187

7.4 金属板材无模快速成形与制模技术 189

7.4.1 金属板材无模快速成形方法及原理	189	8.3.3 齿科石膏模型制作方法	223
7.4.2 金属板材激光成形方法及原理	191	8.3.4 石膏及其他材料在刑侦中的应用	227
7.4.3 金属板材增量挤压成形	192	8.3.5 石膏在考古中的应用	229
7.4.4 金属板材无模数控成形制模	195	8.3.6 石膏在古文物艺术雕塑中的应用	231
7.5 金属板材多工位级进模冲压成形制模技术	195	8.4 石墨电极的快速成型与制模技术	233
7.5.1 金属板材条料排样图设计	196	8.4.1 快速成型石墨电极原理及方法	234
7.5.2 步距精度及其尺寸精度的控制	199	8.4.2 石墨电极快速钢模制造误差分析	235
7.5.3 多工位级进模的结构特点	201	8.4.3 RP&M 钢模精度闭环控制原理及误差	236
练习思考题	204	练习思考题	238
参考文献	205	参考文献	238
第8章 无机材料快速成型与制模新工艺	206	第9章 木材与纸质模型加工的新工艺	239
8.1 无机材料的特殊成型	206	9.1 木模制品的加工与制模方法	239
8.1.1 陶瓷注浆成型及设备	206	9.1.1 木模材料的准备	239
8.1.2 陶瓷加热压铸成型及设备	207	9.1.2 木模制品的制作工艺	241
8.1.3 陶瓷粉末压制成型的两种工艺	208	9.1.3 木模加工所用的设备及工具	243
8.1.4 陶瓷粉末挤出流延及其成型技术	208	9.1.4 木制品加工处理及表面后处理	244
8.1.5 陶瓷粉末激光烧结成型技术	209	9.2 纸及其叠层原型实体制造新技术	244
8.1.6 陶瓷双头喷射快速原型制造技术	210	9.2.1 特种纸的生产及其应用	245
8.2 玻璃器皿及其他特殊成型技术	211	9.2.2 纸叠层原型制造的特点及设备	249
8.2.1 玻璃制品模具的结构设计	212	9.2.3 纸叠分层快速原型的精度分析	251
8.2.2 玻璃制品成型工艺	213	9.2.4 纸质分层实体原型的后处理	253
8.2.3 玻璃制品后处理与应用实例	217	9.2.5 纸叠层快速原型技术应用案例	257
8.3 石膏模型的特殊成型技术	219	练习思考题	259
8.3.1 石膏模型浇注成型工艺的影响	219	参考文献	260
8.3.2 石膏配方组成及浇注成型工艺	221		

第三部分 现代特种机械去除、结合与激光冲压制模的新工艺

第10章 特种机械去除制模新工艺	261	10.2.2 电火花数控基本原理及编程	274
10.1 模具型腔电火花加工新技术	261	10.3 模具型腔电化学复合加工新技术	277
10.1.1 电火花加工设备参数及产率计算	262	10.3.1 电化学磨削工艺原理及机械结构	278
10.1.2 电火花加工模具型腔的方法	263	10.3.2 电解化学磨削抛光在模具中的应用	281
10.1.3 模具电极材料选择与制造方法	265	10.3.3 电解抛光工艺原理及条件	282
10.1.4 模具工件坯料与电规准的准备	267	10.4 模具型腔表面花纹化学腐蚀加工	286
10.1.5 电火花加工金属模具实例	268	10.4.1 照相制版原理及工艺过程	286
10.1.6 精密电火花镜面加工技术	269	10.4.2 光刻加工原理及工艺操作步骤	287
10.1.7 超声波粉混电火花镜面加工技术	270	练习思考题	289
10.2 模具型腔电火花线切割加工技术	272	参考文献	290
10.2.1 电火花线切割的基本参数	273		

第 11 章 特种机加工结合制模的新工艺	291	新方法	314
11.1 模具型腔表面化学涂镀新技术	291	11.5.2 喷镀模具的金属材料及应用	
11.1.1 电化学刷镀加工设备与镀液的		实例	316
配制	292	练习思考题	318
11.1.2 电化学刷镀型腔表面工艺及		参考文献	319
条件	294	第 12 章 特种压力成形制模的新工艺	320
11.1.3 电刷镀工艺的关键与产品性能		12.1 塑料模具型腔的冷挤压成形技术	320
检验	295	12.1.1 冷挤压成形模具型腔原理	
11.1.4 电化学刷镀技术的应用前景	297	及特点	321
11.2 模具型腔电铸成型加工的新技术	299	12.1.2 塑料注塑成型模腔冷挤压实例	323
11.2.1 精密电铸成型设备及基本参数	300	12.2 模具型腔的超塑性挤压成形技术	325
11.2.2 电铸成型工艺及其加工条件	301	12.2.1 超塑性金属材料特性及分类	326
11.2.3 电铸模具型腔的脱出与加固	304	12.2.2 超塑性材料金相组织及力学	
11.3 喷射电铸模具型腔的新技术	304	性能	327
11.3.1 喷射电铸成型的基本原理	305	12.2.3 超塑性挤压成形模具的应用	328
11.3.2 喷射电铸快速成型特点及应用	306	12.3 金属板材的激光冲击压力成形	
11.4 纳米电铸成型模具新技术的应用	307	新技术	330
11.4.1 纳米晶粒电铸成型工艺及理论	308	12.3.1 激光冲击成形理论及应用基础	330
11.4.2 纳米晶粒精密电铸成型的方法	309	12.3.2 激光冲击成形的应用前景	331
11.4.3 纳米晶粒精密电铸成型特点		练习思考题	334
及应用	312	参考文献	334
11.5 高速热喷涂金属快速制模新技术	313		
11.5.1 高速热喷涂金属快速制模加工			

第一部分 三维产品创新与现代特种制模

第1章 概 论

1.1 三维产品造型与设计

从古到今,人类都有着对美的物品的憧憬和创造美的物品的愿望。美的创造是美学理论的一个重组成部分,它研究的是人类如何运用“美的规律”从事各种美学创造活动的原理、法则和经验等。在经历了漫长的美的创作实践之后,才形成了当今系统而精深的造型文化。

1.1.1 造型的含义

“造型”的含义十分广泛,它包括人类所创造的一切“形态”和“形象”,可分为艺术性表现和非艺术性表现两种,也可根据有无实用性和有无美的要素来区别造型和目的造型。因此可以说,造型是在物的素材基础上,形成美的形象或美的空间。它包括的范围甚广,如绘画、雕刻、视觉传达、工艺、设计、建筑等,而其内容与定义,经常随着时代的变迁以及人们的思想潮流的演变而改变。其中,以美的表现为惟一目的领域,则称为造型艺术,如绘画、雕刻等,如图1-1-1所示。

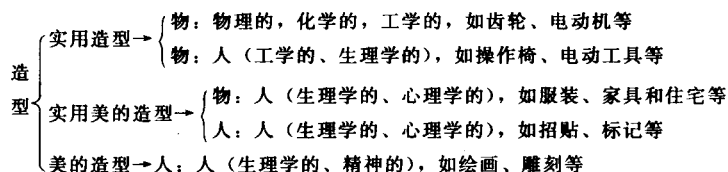


图 1-1-1 造型的分类

在这里,特别要指出的是设计与造型艺术的区别,像绘画(油画、国画及版画等)、雕刻等纯美术作品,主要是通过作品将作者的思想、立场、表现技巧、艺术风格等展现给广大观众;而设计物品时,则主要是在产品中反映广大消费者的需求和当今科技成果,反映设计师在科技、生活等方面的知识修养。因此,但凡从事设计的工作人员,不但要有一定的艺术基础,还应具备一定水平的自然科学、社会科学和人文科学等方面的知识。

此外,还可按整个工业设计的各个阶段,纵向地来看造型与设计之向的关系。在进行设计时,造型基础发挥着主要的作用,例如,草图技术、效果图、模型技术以及评价能力等,这些技术与绘画是不同的。草图技术是指在设计中要求迅速地将构思表现出来,不但要画外形,而且要表现构造,将看不见的或内部的某些结构表现出来,必要时还要加上文字说明,设计草图不讲线条和风格,而讲究整体形象及结构,即要能表达设计构思的意图,而不是件艺术作品。设计基础与其他要素是相关联的,如工程设计人员的造型能力很差,则难以胜任造型设计任务。

1.1.2 造型设计的实质

任何“造型”都具有外在的视觉效果美的表现形式和内在气质美的本质。外在的视觉效

果美的表现形式主要包括“形态”、“色彩”和“材料”三个设计要素。

①“形”主要是指物体的形象、形状、形体、样子及模式（通称为“型”）等。“形态”是由点、线、面、体组成的，一件作品的外形和空间主要是指物体的性状、表现和神态等；“色彩”依靠色相、明度、彩度来表现；“材料”则透过材质和质感来体现。上述“形态”、“色彩”与“材料”三要素是不可分割的有机体，彼此相互影响。

②内在气质美的本质则依据美的原则来创造。根据人类美感的共通性，美的原则可以归纳为10个：连续、渐变、对称、对比、比例、平衡、调和、律动、统一和完整。只有从这些基本的共通要素开始，才有可能迈向比较专门的设计领域。也正是由于设计的基础扎实，人们才能随心所欲，从事各自专门的设计，也才有更好、更优美的表现手法，创造出更多的、视觉效果美妙的工艺产品。

③设计一般是指在制作具有某种用途的物品时，同时也具有最美形态的计划或设想，是造物之初的造意造型活动。在1970年，国际工业设计协会（international council of societies of industrial design, ICSID）为工业设计下了一个完整的定义：“工业设计是一种根据产业状况，以决定制作物品的适应特质的创造性活动。适应物品特质，不单指物品的结构，而是兼顾使用者和生产者双方的观点，使抽象的概念系统化，完成统一而具体化的物品形象，意即着眼于根本的结构与机能间的相互关系，根据其工业生产的条件扩大了人类环境的局面。”或进一步说：“工业设计是通过工程设计人员的构思、设想、计划和描绘，把社会和市场所要求的工业产品的实用价值、社会价值、美学价值、经济价值和独创性等价值因素融合在一起的一种技术造型活动。工业产品则是以商品的功能性、审美性、独创性和经济性等各种要素有机地统一为一体而构成的形。”

下面是世界上一些著名设计师，对“设计”的看法。如香港的刘东利说：“‘设计’是什么？设计就是创新。如果缺少发明，设计就失去价值；如果缺少创造，产品就失去生命。”日本的武藏野说：“设计是追求新的可能。”香港理工大学设计系副主任林衍堂说：“设计就是经济效益……面临世界贸易全球化发展，如果缺少工业设计在工业产品领域中的必要作用，中国的经济损失是不可估量的。”中国工业设计协会副理事长柳冠中则说：“设计就是文化纷乱与混沌掩盖着秩序，彷徨与矛盾孕育着机会，忧虑与理想蕴藏着哲学，思想与探索需要观念的更新和方法机制的科学。伊甸园的宁静被破坏了，南天门中闯入了孙悟空，然而追求实现理想的工业设计师们应投身到这个大潮中，在这个不可回避的‘存在’之中既要思考，也要实践，这样才是工程设计人员的职责所在。”

1.1.3 设计一词的来源

“设计（design）”这个词来源于拉丁文的 designare，意思为构想、画记号。它的包括范围甚广，如绘画、视觉传达、工艺、建筑等，而其内容与定义经常随着时代的变迁以及思想潮流的演变而在不断地改变。

在法语中，“设计”则包括图案、构思、筹划等意。图案代表一件经过图示化后的事物或在器物上描绘平面的装饰模样，反应设计师在构思和筹划之后的结果。设计就是协同工作，作为设计师本身，更重要的是具备自身的素质和知识结构，具有群体合作、共同创新的设计意识，也就必须拥有有用立体知识与相邻科学协同创作研究的设计意识。

1.1.4 设计的意义

在文艺复兴时代，“设计”被解释为画家、雕刻家的草稿和构想，并采用记号来表现、计划和估量的造型，而现代所谓的“设计”，则有广义与狭义两种意义。

广义的设计是指有计划达成具有实用价值或观赏价值的人为事物。有效的“设计”是采用各种方法,以获得预期的结果或免除不理想的呈现。

狭义的设计则特别是指对外观的要求,在实用、经济的原则下做各种变化,以引人注目的外观或流行的款式来增加市场竞争力。

(1) 设计的实用和艺术价值 在20世纪,“设计”所涵盖的内容与意义更加广泛而复杂,例如,那基(Moholy Nagy)便主张设计并不只是表面的装饰而已,而是指具有某种用途和目的,并且综合了社会、经济、技术、艺术、心理及生理等诸多的要素,在生产轨道上,计划或设计可能产生的作品。这样的说法,为设计做了一个客观而适合于时代的诠释。

综上所述,设计是一种具有目标、计划的思考过程或步骤,是利用辅助工具将人的大脑中的原始构想表达出来,用以改善生活及美化生活的创造性活动,兼具实用和艺术的双重价值。如图1-1-2所示为达尔文研究比例的墨水笔手稿,被人们公认为“设计”。

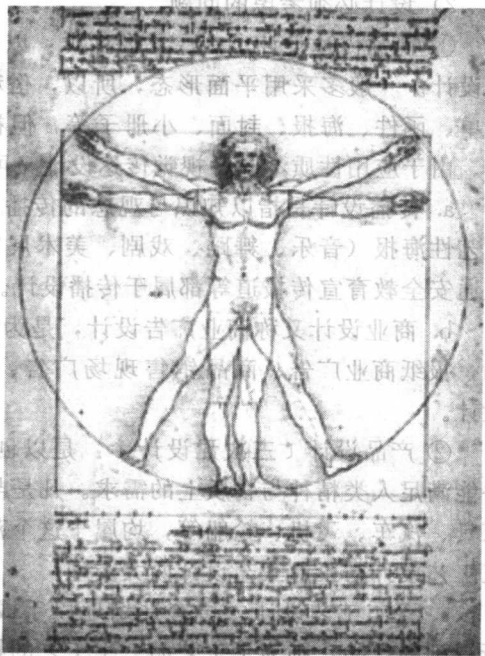


图 1-1-2 达尔文创作比例墨水笔

(2) 设计分类与问题考虑 从钢笔尖的研制到摩天大楼的兴建,从年青女士口红的构思到具有强大牵引动力火车头的创造都需要经过人为的设计与思考过程。由此,可以了解设计的范围是多么地广泛。另外,为了使设计更加符合其使用要求,还须考虑哪些必要的问题呢?也就是说,如何才能把设计的广大领域更系统化呢?这是本节应讨论的重点。

1) 人、自然和社会构成世界的三要素 如果以人、自然和社会为构成世界的三要素,那么,设计可分为以下三个领域:a) 视觉传达设计,制作良好的信息,用以作为人与所属社会之间的精神媒介;b) 产品造型设计,制造适当的产品形状,用以作为人与自然间的媒介;c) 空间三维设计,规划和谐的空间,用以作为自然与社会间的物质媒介。而这些设计所在的位置,可以采用如图1-1-3所示的三要素为坐标。

设计是人们在环境中为了扩充自己,而将生理及心理机能延伸的系统,例如,语言与文字(符号)即人与人之间的媒介产物,因此,这类媒介应属于个人与他人之间的共有财产,使用这些记号可以沟通人与人之间的意念,也可以达到交换信息的目的。

围绕人类四周的自然界是人类生活的场所,也是延续人类生命所需的各种物质和能量的供给来源。人类从自然界中撷取物质和能量以维持生命,也在其中开创着各种活动。在这样的自然环境里,“设计”能更加牢固人与人、人与社会之间的传递功用,并给予物质、能量以适当的

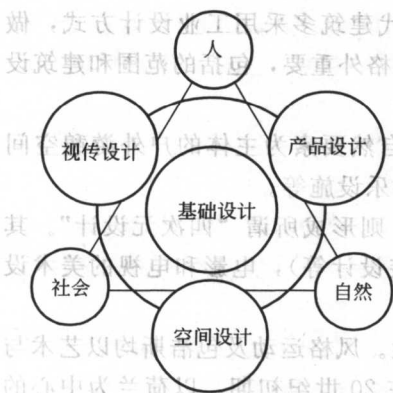


图 1-1-3 三要素坐标

2) 设计必须考虑的问题

① 视觉传达设计〔二次元设计〕：以传达资讯或消息为目标的视觉媒体设计为视觉传达设计。一般多采用平面形态，所以，俗称为“平面设计”。主要包括标志、字体、卡片、传单、函件、海报、封面、小册子等，但视觉传达也可以采用立体的形式，如展览、橱窗等。由于应用性质不同，视觉传达设计又可细分为传播设计和商业推广设计等。

a. 传播设计是指以知识与观念的传播、或活动资讯的传送为目的的视觉媒体设计，如文艺性海报（音乐、舞蹈、戏剧、美术展览、演讲等艺术和文化活动海报），保健小册子，交通安全教育宣传报道等都属于传播设计。

b. 商业设计又称商业广告设计，是为了促销商品或推广服务所做的视觉媒体设计，例如，报纸商业广告、商品销售现场广告、广告函件、商品包装、商品型录等都属于商业设计。

② 产品设计〔三次元设计〕：是以创造完美的生活器物为目标的设计、行为或方法，并能满足人类精神与物质上的需求。凡是与生活有关的各种器物，如小至杯盘、刀叉，大至家具、汽车、飞机、轮船等，均属于这个范围。由于制作条件不同，产品设计可以区分为手工艺设计与工业工艺设计两大类型。

a. 手工艺设计 指有计划地以手或简单的手用工具，来制作实用产品的设计行为。所得到的产品，则为手工艺品。手工艺的特色主要在于手工与材料造型上所表现出来的特殊美感，以其自然材料所设计制作的手工艺品，格外具有美好的感性特质，值得人们欣赏与玩味。在工业机械产品充斥的环境里，妥善应用美好的手工艺品，将为人类增添许多生活上的情趣。

b. 工业设计 指规划以机械产量方式，制造实用产品的工业设计行为。所得到的结果为工业工艺品或机械产品。工业工艺的特色主要在于产量，有统一的品质、规格和最高的生产效率，产品适合于大众消费。在工商业繁盛、人口不断增加、物资需求激增的环境下，人民大众必须依靠工业产品生活，只要我们有能力判别或选择优良的工业产品，也可满足日常生活的需求。

③ 空间设计〔三次元设计〕：是以营造理想生活空间为主的设计行为或方法。其涵盖的范围包括建筑设计、室内设计、景观设计等。

a. 建筑设计指依建筑物的机能、结构与形式所做的整体设计。主要包括住宅、学校、机关、工厂、商店以及教堂和纪念建筑等。

b. 室内设计指建筑物内部机能与形式的整体计划。现代建筑多采用工业设计方式，做可变机能的空間规划，而依个别需要所采取的室内设计显得尤为重要，包括的范围和建筑设计相同。

c. 景观设计指以绿地、花草、树木、山水、石和鸟等自然要素为主体的户外游憩空间的规划，其间常依需要而设置亭阁、牌坊、雕塑、座椅、游乐设施等。

除了以上所描述的设计领域外，若增加对时间的考虑，则形成所谓“四次元设计”。其中包括表演设计（如舞台设计、灯光设计、道具设计、服装设计等），电影和电视的美术设计，多媒体设计等多种项目。

(3) 美术设计与现代生活 设计与美术创作具有共通性。风格运动及包浩斯均以艺术与设计为探讨的目标，设计的观念对现代美术影响深远。早在 20 世纪初期，以荷兰为中心的风格运动（De Stijl Movement）是以探讨开拓现代艺术与设计的新目标，创造属于知识，非

个人的绘画和设计风格为主。蒙特里安（Piet Mondrian）以正方形、长方形为绘画的基本元素，追求水平、垂直及原色（红、黄、蓝色）的几何构成，树立独树一帜的创作风格。包浩斯（Bauhaus）造型学校的理论思想，结合科学与艺术，确定现代设计方向。其中康丁斯基（Wassily Kandinsky）提出了点、线、面（point to line and plane）的基本构成，他对20世纪中叶的各种艺术构成有着巨大的影响。

设计的积极功能，会使人类获得（甘其食，美其服，安其居，乐其俗）优美的幸福生活。设计必须和周围的环境、事物取得和谐，并与人类的生活紧密配合，它对提升人类生活质量具有重要意义。

1.1.5 设计的范畴

在不同类型的设计中，它们具有一些共通的基本要素，这是学习基础设计的主要内容。在讨论基础设计时，需要考虑以下四个领域：a) 设计要素，形态、色彩、材质；b) 设计原则，平衡感、空间感、运动感和韵律感、统一性、视觉焦点；c) 设计工具，铅笔、炭笔、粉彩、水墨、电脑及其相关的二维或三维软件；d) 设计技术，素描、绘画、翻印、多媒体等。

（1）造型研究的主要目标 约翰尼斯·伊滕（Johannes Itten）于1922年在“包浩斯展览会”的说明书里，说明了包浩斯初级课程所制订的课程目标为：引导学生的创作能力，使他们了解各种自然材料，并认识视觉艺术中一切创造行为需要的基本原理。譬如，他如果准备学习木工，则必须完全认识木工材料；必须对木料有感觉；同时还必须了解这个材料与石材、玻璃和羊毛等其他材料的关系。因此，当他运用这些材料进行组合的时候，才能将它们的关系和特色完全明显地表现出来。同时，准备的工作也涉及真实材料的正确描绘训练。假如学生能够将一块木材的每个细节都很逼真地画出图形来的话，必定可以帮助他更深刻地去了解这种材料。古代大师，如波奇（Bosch）、佛朗基（Francke）或格鲁纳维尔德（Grunewald）等的作品，也能在造型研究方面给学生提供教学上的启示。

（2）造型的艺术基础 因为基础设计是各种工业产品设计的基础，所以，有人把它称为造型艺术的基础。1919年德国的包浩斯学校就专门为学生开设为时半年的初级课程。在初级课程里，造型研究是工业产品设计中的一门最基本的学科。

基础设计除了必须做横向综合性探讨外，还必须兼顾纵向、深入的研究。只有从这两方面不断地开拓与发掘，才能巩固从事专业设计的基本技能，也才能推动人为造型的新表现。其实，设计的基础观念原本是由现代艺术中衍化而来的，其中最重要的就是前述的包浩斯。包浩斯虽然是个教育机构，但只要看看其中的指导老师，如克利（Paul Klee）、康丁斯基等现代艺术大师，就可明白他们所推动的造型基础与现代艺术发展之间的关系。

由于这些现代艺术大师促使了20世纪的现代艺术多样化，于是所谓“新的造型”、“新的美学观”、“新的造型思考”等，成为一般从事艺术教育、设计教育的专门学者以及艺术创作者所追求的目标。

（3）现代科学造型的精神 现代科学造型的基本精神在这种追求、探讨所谓“新造型”的前提下，从以下两个方面来进行分析。

1) 现代科学技术的导入与应用 现代产业技术的发达产生了许多可供造型实验创作应用的道具和机器，提供了许多新造型开发的资源，于是利用现代产业所生产的材料、媒体等开发属于动力的、光电的造型创作，也就导致了許多所谓“尖端科技”艺术的产生。

2) 造型方法的再思考 为摆脱人类固有视觉经验的束缚，利用新的造型思考方法，导

入新造型的发掘与实验创作，然后确定其在造型方面的价值性，而最终目的便是建立新的造型理念。发掘新的造型思考方法，有意外发现的，也有依据数理性原理产生的。此外，还有一些尚未被开发的造型方法，可能还存在于人类的游戏活动中，或是与宗教的仪式有关，这些都需要我们从不同的领域或从不同的角度去寻找。

由于各种专门的设计所涉及的目的与实用价值不同，所以，在基础设计教育中，通常把这些摒除在所探讨的内容之外，以避免因为实用目的方面的联想，而对单纯的造型研究产生干扰。这更显示出它跟现代艺术追求新造型的精神不谋而合了。因此，基础设计不仅扮演着现代艺术的角色，而且有时也是现代艺术中的一种特殊的表现。

(4) 基础造型设计的最终目标 是要使学生具有独立思考问题以及造型创新的能力，因此，它是一种创意 (idea) 的教育、感觉 (sense) 的教育、技能 (craftsmanship) 与技术方面 (technology aspect) 的教育。创意是基础设计中最重要的一项，但“感觉”与“技术”却是一位设计家所应具备的基本素养，它可以经由自身的努力及受教育而获得，而且，即使是最好的创意，若没有这两项来加以支撑的话，也无法使其具体地表现出来。因此，以上三种教育可说是缺一不可，只要有其中一项欠缺或不够健全的话，那么，整体设计的基础教育便不完整了，或者换句话说来说，“一个人仅有天赋而缺乏后天的基础教育与自身的勤奋，是不能真正成为一个工业产品的设计大师的”。

1.2 感性设计

人与人之间是通过语言来沟通的，物与人之间的沟通是通过物的功能及形态来表达的。人们在创造产品功能的同时，也赋予了它一定的形态。而形态可以表现出一定的性格，就如同它从此有了生命力。人们在使用物的过程中，会得到种种信息，引起不同的情感，这是人对外界事物产生的直观认识，常称为认识的感性阶段。当设计使产品在外观、肌理、触觉给人的感觉是一种“美”的体验或使产品具有了“人情味”时，我们称为感性设计。

1.2.1 产品的信息传递

现代产品一般给人传递两种信息，一种是知识，即理性的信息，如常提到的产品功能、材料和工艺等；另一种是感性信息，如产品的造型、色彩和使用方式等。前者是产品存在的基础，而后者则更多地与产品形态生成相关。

长期以来，我国产品的形态大多采用几十年一贯制的面孔。近 20 年来，随着国家改革开放的深入、国力提高、物产丰富，许多日用产品已从供不应求转变为供过于求。许多产品不仅以“质量可靠、经久耐用”去争取市场的份额，而且在外观上也有了很大的改变，这非常明显地体现在家电、服装、家具等领域。其实，从人的本性来看，人的感性更多于理性，从这个角度出发，冰冷而机械味十足“不友善”的产品可以说是生产者强加给人们去使用的，是违背了人的本性而不符合人的生理及心理习惯的。

在众多种类的产品中，作为制造和修理产品的手工工具更具有特殊的地位。因为，自从有人类以来，人类的进化史就与手工工具的创造和使用息息相关。手工工具的发展历史可以上溯到猿人时代，因此，手工工具比其他产品与人的关系更加密切。而在现代人使用的手工工具中，基本沿袭历史流传的尺寸式样为数不少，普遍存在使用不便、制造粗劣、工效不高，容易致伤或长期使用将引起疾患等问题。这些缺乏科学运用人-机关系所研制的产品，自然对人是极不“友善”的。因此，研究开发符合现代人的生理及心理需求的“感性”产品、“爱不释手”的感性工具是很有必要的。

1.2.2 产品的感性设计

在产品的研制开发过程中,与产品功能、制造工艺相比,产品的感性设计具有更多的不确定因素,因为捕捉人类感性领域的物理量及感觉量是个难以定量的系统。对此,我们至少可以从以下几点去分析研究。

(1) 感性设计表现产品的象征性 感性设计还应表现出产品的象征性,这主要体现在产品本身的档次、性质及趣味性等方面。因此,我们可通过以下三方面进行讨论。

1) 通过造型语言体现出产品技术特征 技术特征是产品功能和内在品质,通过产品形态可表现出来产品的优异品质、精湛工艺,使人感到技术的精确。具体到产品造型设计上,就是要处理好零件之间的过渡、表面肌理、色彩搭配的关系,并要把握好产品的感知精度。

2) 通过造型语言把握好产品的档次特征 档次表现某一产品的等级和与众不同,这往往通过产品标志,常用的局部典型造型或色彩手法、材料,甚至价格等体现。如标志“布劳思”象征剃须刀无与伦比的档次,还有象征物主的富有和地位但仅作计时用的金表。

3) 通过造型语言体现产品的安全特征 安全感在电器类、机械类及手工工具类产品中具有重要的意义。安全感体现在使用者的心理及生理两个方面:著名品牌、浑然饱满的外形、整体造型精细的工艺、沉稳的色泽会给人以心理上的安全感;合理的尺寸、避免无意触动的按钮开关设计等会在生理上给人以安全感。

(2) 感性设计表现产品的使用特性 感性设计首先应表现出使用产品时的指示性,即暗示人们对该产品的使用方式、操作程序等。我们可通过以下三方面进行讨论。

① 通过造型的形象相似性,暗示其使用方法,如裁纸刀的进退刀按钮设计为大拇指的形式并设计有凸筋,这样不仅方便刀片的进退操作,而且暗示它的使用方式。许多水果或切菜刀把的设计造型,则是显示以手指手握的位置。

② 通过造型的因果联系,暗示使用方式,如旋钮的造型利用周边侧面凹凸纹槽的多少、粗细这种视觉形态,传达出旋钮是精细的微调还是大旋量的粗调。容器利用开口的大小,暗示所盛放东西的贵重与否、用量多少和保存时间的长短等。

③ 通过产品的表面肌理和颜色,暗示其使用方式及提醒人们的注意。人们早就发现手指尖上的指纹,使把手的接触面变成了细线状的突起物,从而提高了手的敏感度并增加了把持物体的摩擦力,这种称为肌理设计的设计,使产品尤其是手工工具的把手获得有效的利用并作为手用力 and 把持处的暗示。

④ 色彩在感性设计中更具有重要性,如照相机大多以黑色为外壳表面,显示其不透光性,同时提醒人们注意避光,并给人以专业性的精密严谨感。

(3) 感性工具设计 感性工具设计要充分利用现代计算机人-机交互的工学原理和美学的成果,科学地增加产品造型设计中的感性因素。而有关感性工具设计讨论如下。

1) 通过恰当的人与工具之间关系设计来体现产品的感性 如良好的工具把柄设计,使对受压不敏感的手掌和拇指与食指间的“虎口”处来承受力的冲击,这样可以避免因长时间使用工具而引起手指的麻木与刺痛感,并减小了局部压力强度;有些工具的握柄上做了指槽,这种固定了手指位置的指槽反而会影响操作的灵活性。“恰当”地利用现代计算机人-机工学的 CAE 优化设计,不仅令人视觉舒适,而且“手感会非常好”。

2) 通过选择恰当的造型材料来增大产品的感性成分 在选择材料制作产品与人直接接触的部件时,不能仅以材料的强度、耐磨性等物理量来做评定,而且还应以所选材料与人情感关系的远近作为尺度来评价。研究指出,与人类情感最密切的材料是生物材料(如棉、木