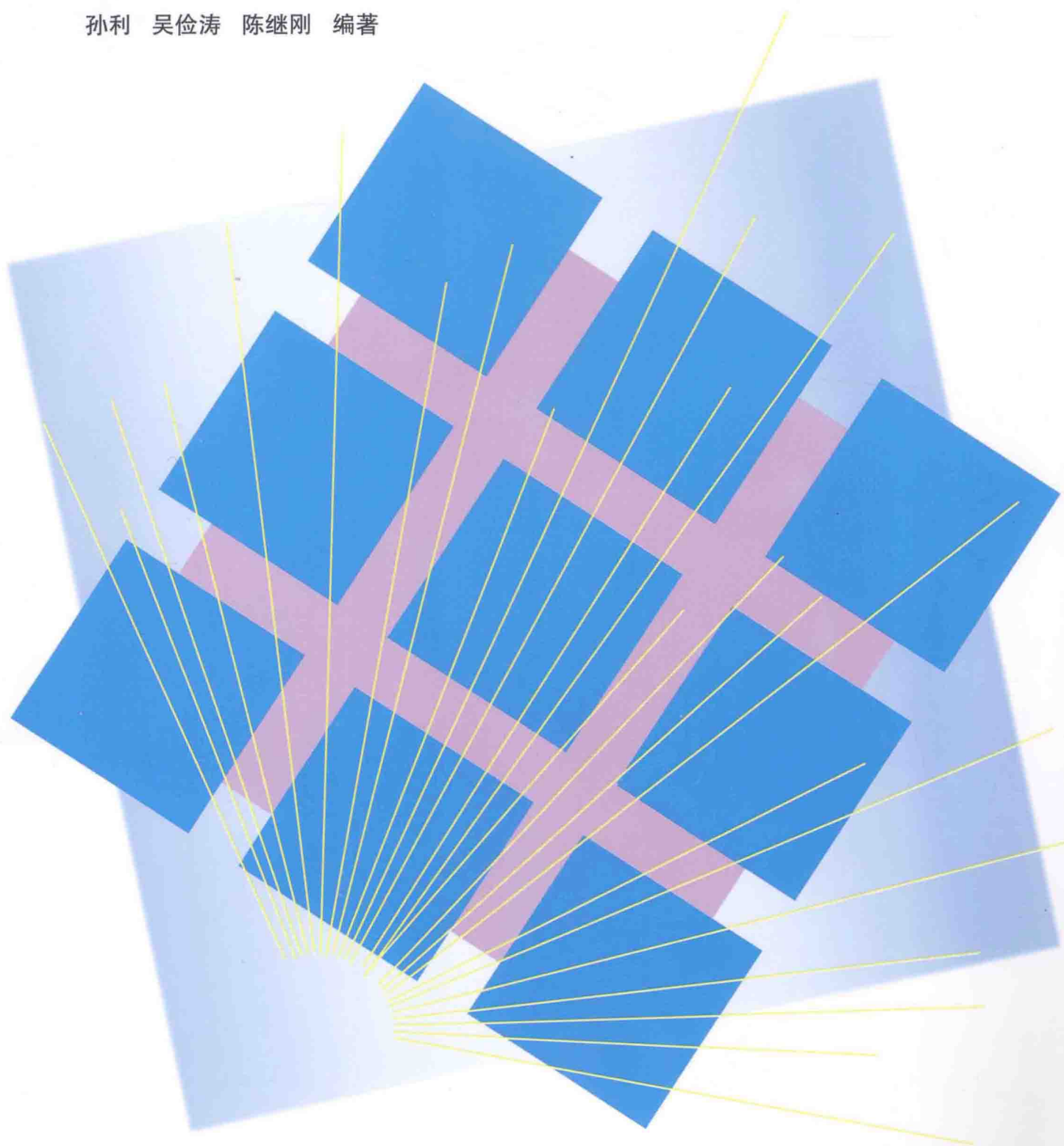


产品设计工程基础

ENGINEERING FOUNDATION FOR
PRODUCT DESIGN

工业设计专业应用型人才培养规划教材

孙利 吴俭涛 陈继刚 编著



清华大学出版社

产品设计工程基础

ENGINEERING FOUNDATION FOR PRODUCT DESIGN

工业设计专业应用型人才培养规划教材

孙利 吴俭涛 陈继刚 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以应用为主,省略了深奥的原理描述及烦琐的计算公式,以生活中常见产品为案例,分析引出相关的知识点,深入浅出地介绍工业产品设计必需的机构、力学、材料与工艺等基础知识。本书共分7章,第1章介绍基于工程思维和工程软件的工业产品设计方法;第2章介绍常用材料特性、力学性能,典型材料加工工艺与技术;第3章给出常见产品结构形式,常见机构的类别;第4章说明不同材料和加工工艺所需要的模具特点及模具设计要点;第5章介绍表面工程技术的种类、属性、流程和关键技术;第6章论述能量与转换方式;第7章给出拓展训练的4个课题。

本书可作为高等学校工业设计及其他相关专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

产品设计工程基础/孙利,吴俭涛,陈继刚编著.——北京:清华大学出版社,2014

工业设计专业应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-302-37162-5

I. ①产… II. ①孙… ②吴… ③陈… III. ①工业设计—高等学校—教材 IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 148311 号



责任编辑:冯 昕

封面设计:吴 洁

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:210mm×285mm 印 张:12.75

字 数:350 千字

版 次:2014 年 8 月第 1 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.80 元

产品编号:054838-01

编 委 会

主任：赵 阳 中国美术学院

委员（按姓氏笔画排序）：

曲延瑞	北京工业大学
张玉江	燕山大学
张 强	沈阳航空航天大学
高炳学	北京信息科技大学
熊兴福	南昌大学



序

当今,我们翻开报章杂志或者上网浏览,不管看到的是报道还是广告,处处充斥着设计创新的内容,工业设计已成为政府官员必然说、全国人民必知晓的名词。与工业设计相关的高等教育专业在中国如雨后春笋般成长,足以证明工业设计在我们民族希望从“中国制造”走向“中国创造”中之重要。

清楚记得,自2007年2月13日温总理批示:“要高度重视工业设计”,责成国家发改委尽快拿出我国关于工业设计的相关政策报告起,我们这些往年只是在大学里“自娱自乐”的所谓工业设计“专家”们,一下进入全国范围,配合各级政府宣传、演讲、答疑、互动,一时间活动不断;2010年3月5日温家宝在全国人大十一届三次会议所作的政府工作报告中,直接将工业设计立为新时代七大服务性行业之中,说明工业设计已提升至国家战略的高度;紧接着国家工信部于2010年3月17日发布了“关于促进工业设计发展的若干指导意见”之征求意见稿,又于同年8月正式发布了“关于促进工业设计发展的若干指导意见”;就此,在媒体舆论的大力推动下,中国工业设计的春天赫然到来,高校中的工业设计专业俨然成为热门,并且地位不断攀升,各地更多的大专院校在继续创立工业设计专业(据说有音乐学院也设立了工业设计专业);据中央美术学院许平教授的研究统计,目前中国内地已有约1900多所大专院校设立了各种设计专业,其中有400多所设立了工业设计专业,据不完全统计,全国每年招收约57万设计专业本、专科生;在各地政府的大力支持下,涌现出大量的工业设计园区、创意园区和创新基地,让大专院校的培养有的放矢。我们这套丛书就是在这样一个大背景下产生的。

我们的参编者是来自全国各地的大学教师们,他们具有丰富的教学与实践经验。他们归属理工科大学、艺术类大学、师范类大学,也有综合型大学,因此,我们组建的是一个站在工业设计专业立场上,而非艺术类的产品设计或工科类的工业设计队伍,因为艺术类与工科类的教师们在将近二十年的论战中已趋于和谐,大家都明白,工业设计专业所需的知识并不能简单地划分为艺术类或工科类,也不仅仅是工科类叠加艺术类,而恰恰是需要艺术类的感性与工科类的理性二者适当结合,且由每个学生出于自身的发展来吸取与组合(已有N多的人才案例证明了这一点),所以,教材编写的重要性尤其凸显;我们认真讨论的结论是一致的——工业设计专业所需的知识尽量编入,而计算机网络的发展,给设计教学带来质的变化。整套丛书教材将近30本,应该说比以往任何时期任何设计教材都要多,一方面随着时代的发展,工业设计专业内涵不断提升与扩展,如通用设计、感性设计、仿生设计、交互设计等;另一方面是我们认为有必要的内容,如可持续设计、创新设计、艺术概论

及产品商业设计等。

工业设计(industrial design)是指以工学、美学与经济学为基础对工业化生产的产品进行设计。工业设计狭义的理解就是造物,再漂亮的线条,再美好的想象,最终必须呈现在产品上。因此,材料、设备、加工、技术与科学永远是工业设计专业的必学内容,实践性教学是设计创新类专业的根本。工业设计专业是典型的横跨文理的专业,新时期的高等教学改革,最重要的是应从传统的非白即黑(文科与理科)中划分出一个新的跨界教学领域,这种跨界领域教学与实践确实发展神速,已波及其他专业的教学内容的改变,同时对我们的工业设计教学提出更高的要求。因此,我们丛书的定位是“应用型人才培养规划教材”,主旨是:精炼理论、加强技法、突出应用,强调实用案例与图文并茂。精简理论教学内容,增加以理论学习和应用为目的的实践教学内容,使研究性学习的形式多样化,以取得具有设计创新意义的教学成果。

今天,我们人类的智慧已超出了上帝给予的极限,人类能够探索太空、开发极地、移植基因、模拟智能……,超越了自然法则。这一切离不开设计创新的力量,我们都清楚,设计是一种理想,设计教育依赖的是实践性教学,更需要具有丰富经验的教师。面对广大的求知学生,希望我们的教材是索引,它能有效引导他们丰富联想、积累知识、延展思维。

是为序。

中国美术学院 赵阳 教授

2014年7月31日于钱塘江畔

前言

中国工业设计学科的引入始于 20 世纪 70 年代末,起步于 80 年代初,发展于 90 年代末,经历了一个理解和认识逐渐深化和统一的过程。目前,中国已经设立了设计学一级学科。通常情况下,工业设计学科是涉及机械设计的一门学科,其发展的目标是设计相关的系统、结构或工业制成品,以知识形态的成果服务社会,对接社会和经济发展的需求。

设计已经进入到一个新的时代。在这个新的时代,设计必须、也正在被重新定义。技术、社会和经济的变革促使设计去“想得更大、更多”。设计的角色、方法、作用正在不断拓展,设计思维结合科技思维,实现了需求、可能性和可行性之间的平衡,给未来设计和创新发展以新的可能性。旧的知识体系和旧的职业分工,在一定程度上会被打破,取而代之的是融汇了的、界限模糊的设计方法和设计群体。产品、平面、建筑、景观、包装等一切设计,在过去曾经被无限细分,在将来或许会被无限融合,本着一个原则,即设计是面向人的设计,设计的服务对象是人。

同样,工业设计师和工程师之间的界限也在反复地进行着融合和分离的过程,早些时候工程师就是工业设计师,现在工业设计师已经独立于工程师而存在,然而各自为政的弊端已经逐渐显现:设计师理性思维和工程知识的欠缺禁锢着设计的发展和大设计工程的展开;而工程师墨守成规,设计成果僵化、呆板。如何做到设计师和工程师的水乳交融,分工而不分家,连接而不套牢,便是本书需要解决的问题之一。

快速发展的科学技术使得知识更新成为时代对设计师的一个新要求。当代产品设计师应具备怎样的知识结构体系,如何拓展其对新科技成果及其应用的了解深度和广度,是本书要解决的第二个问题。

从目前我国企业对工业设计人才需求的增长和对人才的要求上来看,企业需要精通产品策划、产品创新和产品商品化,了解现代科技发展,懂得现代设计方法与技能,熟悉生产制造的复合化高素质的优秀设计人才。

历来优秀的设计师,不仅仅精通善用各种表现技法,最根本的是,他能够熟悉和理解工程知识,或者与工程师达到无障碍沟通,从而把纸面上的东西变为产品(成品)。

设计不可能脱离工程而独立存在。在现阶段的分工条件下,工业设计师需要良好的工程素养,这是设计师和工程师交流的重中之重。在设计工作中,面对浩若烟海的工程知识、前沿科技,设计师如何去面对,如何去理解,如何去应用,这需要很高的工程素养。而工程素养是可以培养的。

现阶段设计师的工程素养培养面临着一些尴尬。理工院校的工业设计专业,人文知识无法作为



重点来进行教学,学生即使学过工程知识,但面对感性化、模糊化的设计工作,如何与工程知识结合、灵活运用成了一个问题;艺术院校的工业设计专业,强调着色彩、光影、华丽而个性的效果图,对工程素养的重视程度无法提高,大量的文科生面对和理工院校一样的工程知识类教材感到无所适从。

本教材从工程知识的认知、扩展、提高到应用的一系列过程,囊括了过去“工程力学基础”、“电工电路”、“材料与加工工艺”、“机械原理”、“机械设计基础”等科目的工业设计相关工程知识,还包括了前沿的加工工艺和工程方法,通过小课题与大课题结合、动脑与动手结合的方式展开。用大量形象生动的语言和能够动手的、交互式的实例提高学生对工程知识学习的兴趣,在学习工程知识的同时应用一些学过的知识,比如人机工程、设计思维、市场等。此外,本教材着重让学生找到适合自己的对工程知识的学习方法,在脱离学校教育后,能够有能力、有目的、自主地在工作中学到新的、对口的工程知识,这也是本书编写的另一目标——培育良好的工程素养。

本书分为7章,由燕山大学孙利、吴俭涛、陈继刚组织编写,并进行全书的统稿工作。参加编写的还有燕山大学陈永亮、王之苑(第1章),杨芳、张小利(第2章),李蒙晓、曹新瑜(第3章),张文青、卢颖(第4章),饶琬婧、魏凯(第5章),曹宝、于鸿飞(第6~7章)。为方便高校教师选用,还制作了PPT教案,有需要的教师可向清华大学出版社索要:wangbx@tup.tsinghua.edu.cn。本书部分图片来源于网站,由于时间、精力有限,无法追溯其原始出处,故未能一一注明,在此向相关人士表示感谢。

在多年教学经验的基础上,本书在体例、系统和内容取舍上融入了自己的心得。但由于水平有限,缺点和错误在所难免,衷心期待读者批评指正。

编者

2014年7月

目 录

第1章 融合——设计师与工程师的握手.....	1
1.1 设计话语权	1
1.1.1 感性与理性的博弈	1
1.1.2 理性的光芒	2
1.2 工业设计的设计方法	4
1.2.1 理性设计法	5
1.2.2 感性设计法	8
1.3 设计师的知识结构体系	12
课题1 桌椅的设计——日用品的工程设计	13
第2章 材料登场——被设计的材料.....	17
2.1 产品设计常用材料集锦	17
2.2 产品的外衣——材料解析	18
2.2.1 材料的分类	18
2.2.2 材料的力学性能	40
2.2.3 材料的整形手术——材料加工工艺与技术	43
2.3 喜新厌旧——新型材料的体验与运用	65
2.4 典型成型工艺	70
课题2 材料的体验实践——触摸、观察、记录、改造身边的材料	71
第3章 产品的骨骼——结构与机构设计.....	73
3.1 产品结构大家族——产品结构形式集锦	73
3.2 结构的本质——力的接力棒	76
3.3 运动的载体——机构的组成	77
3.3.1 平面机构	80
3.3.2 机械传动	90
3.3.3 静联接	95
3.3.4 杆件与桁架	98



3.3.5 钣金设计	101
3.4 通用零部件	101
3.4.1 轴	102
3.4.2 轴毂联接	102
3.4.3 轴承	103
3.4.4 联轴器和离合器	106
3.4.5 弹簧	107
课题3 动手实验——折纸的受力分析	108
第4章 脱胎换骨——模具	110
4.1 不装菜的篮子——模具的定义及功能	110
4.1.1 模具的定义	110
4.1.2 模具的发展历史	111
4.2 从流动态到固定态的支架——模具设计的要点	112
4.2.1 模具的分类	112
4.2.2 金属材料成型模具	112
4.2.3 塑料成型模具	119
4.2.4 橡胶模具	122
4.2.5 陶瓷模具	123
4.2.6 石膏模具	123
4.3 典型产品模具设计案例	124
4.4 新技术在模具设计中的应用	125
课题4 理解与验证——勺子的模具设计	127
第5章 华丽面具——表面工程基础	129
5.1 魔镜告诉我——美丽外表的必要性与重要性	129
5.2 产品化妆间	130
5.2.1 产品化妆的种类——表面工程技术的分类	130
5.2.2 产品用化妆品的材料与属性	138
5.2.3 时尚靓妆风——汽车表面改装应用	140
课题5 参观电镀和拉丝工艺工厂	142
第6章 强大的内芯——声光电热常识	144
6.1 无敌正能量——驱动产品的声光电热	144
6.1.1 能量	144



6.1.2 能量转换	147
6.2 能源	152
6.3 声学常识及声的利用	156
6.4 光学常识及光的利用	158
6.4.1 光的概念	158
6.4.2 自然界中的光	158
6.4.3 光的利用	159
6.5 电学常识及电的利用	161
6.5.1 电的概念	161
6.5.2 自然界中的电	164
6.5.3 电的利用	165
6.6 热力学与传热学常识	166
6.6.1 热力学与传热学概念	166
6.6.2 自然界中的热	166
6.6.3 热的利用	167
6.7 无形的能量场——空气动力学	169
6.7.1 汽车空气动力学	169
6.7.2 飞行器空气动力学	170
6.7.3 工业空气动力学	172
6.8 产品的造血机制——液压及气动装置	174
6.8.1 液压传动与液压装置	174
6.8.2 气压传动	175
6.8.3 气弹簧	176
6.9 超越与升级——新型能源	177
6.9.1 核能技术	177
6.9.2 太阳能技术	178
6.9.3 风能技术	179
6.9.4 生物质能技术	179
6.9.5 氢能技术	181
6.9.6 地热能技术	182
6.9.7 潮汐能技术	182
课题6 参观学校声、光、电、热学实验室	183



第7章 课题拓展训练.....	186
课题拓展实例1 材料研究	186
课题拓展实例2 产品结构原理研究	187
课题拓展实例3 人与工具	187
课题拓展实例4 以“靠近”为主题的专题设计	188
参考文献.....	189

第1章 融合——设计师与工程师的握手

21 世纪，是一个变革的时代，是一个重塑人文精神的时代。在这个新的时代，设计必须、也正在被重新定义。技术、社会和经济的变革促使设计去“想得更大、更多”。设计的角色、方法、作用正在不断拓展，设计思维结合科技思维，实现了需求、可能性和可行性之间的平衡，给未来设计和创新发展以新的可能性。这些正在显现的思索与实践从深度、广度和复杂度上都对设计的知识提出了更高的要求。越来越被强化的跨学科特色，对创新型和复合型人才的教育与培训，对新兴领域的探索，学习方法的变革以及新的价值观念的形成都已经成为设计变革的重要标志。这也使得不同领域的知识在社会、经济层面的链接与整合拥有了前所未有的可能性。

目前中国已经设立了设计学一级学科。学科是科学知识体系的分类，而不仅仅是个职业范畴。设计作为一门学科，其发展的目标是与设计相关的知识发现和创造，并以知识形态的成果服务社会，对接社会 and 经济发展需求。从长时间来看，在技术、经济和社会变革的背景下，将设计作为一门学科，关注其研究领域、理论体系和方法论的革新与发展，讨论并研究其发展趋势和内容构成，变得十分必要。

1.1 设计话语权

纵观全球经济一体化进程，国家经济实力的竞争逐渐由生产与制造等硬实力的竞争，转向设计与创新等软实力的竞争。随着中国制造的成木优势不断缩减，提升中国设计的国际竞争力，推动中国制造向中国设计转型，变得日益紧迫。对于中国设计教育来说，培养兼有传统文化底蕴和国际视野的高端设计人才，增加中国设计在国内与国际市场的竞争力与话语权，已成为其在全球化浪潮中的新使命。

1.1.1 感性与理性的博弈

人们对设计的讨论，大抵有三个维度。



第一个维度是基于价值观的设计类别划分,是设计实践的理论 and 伦理基础。可持续设计、人本设计、包容性设计、开放设计等都例证了驱动设计概念的各种伦理与准则。

第二个维度,即基于方法的设计,它主要为设计开拓方法和工具,扮演了实践与认知的双重角色。服务设计、参数化设计和系统设计等是其中的代表。基于方法的设计可以基于某种价值观,为设计专业提供实现路径。

第三个维度是基于实践的设计,和职业紧密相关。这是由传统市场定位和劳动分工而来的。例如建筑师、产品设计师、景观设计师、平面设计师等设计职业都被包含在这样一种实践基础之中,即把他们的所知转化为现实,并成为专业。

这三个维度是相互渗透的,价值、方法和实践,综合在一起成为设计作用的方式。设计对社会和经济的影响,则必须在价值、方法和职业三个领域都有所体现。

从人才培养角度而言,这三者又对应了两种不同的能力:以专业能力为主的垂直能力,也就是我们常说的职业能力;以整合为主的水平能力,也就是面向不同问题,在不同情境选择性应用设计知识的能力。这两种能力的要求也体现出设计师的认知特点:感性知识与理性知识并举,两种思维方式交相博弈。这也是产品设计师的基本能力和素养。这两种认知博弈的结果创造并推动了社会的发展,形成了今天的客观世界。每一个具有划时代意义的经典设计作品无不是感性与理性、科学与艺术的完美结合。

跑车,其卓越的性能代表工业的发达水平,是先进科技的代表和缩影。意大利的法拉利跑车不仅代表了意大利工业的发达,同时也是汽车中的艺术品(图 1-1),每一个细节都如意大利油画一样令人赞叹不已,每款经典车型都让人叹为观止,心驰神往。



图 1-1 法拉利跑车

1.1.2 理性的光芒

据安博教育集团和清华大学发布的 2008 年工业设计专业景气度调查报告显示,工业设计专业的应届毕业生在毕业前的就业率仅仅只有 14%,工科院校的工业设计毕业生很多都转行到其他类型的工作。另一方面,很多诸如华为、海尔、美的等企业常常为招聘不到合适的工业设计毕业生而苦恼,



这些企业对毕业生的要求是“具有机械、材料、结构、模具、成本背景，易于进行可行性或可制造性设计，具有持续学习能力”。而目前很多院校的工业设计专业学生过分迷恋创意概念，华而不实，对于材料、加工、结构、技术及成本等设计可行性问题浅尝辄止，难以符合企业的招聘需求。以图 1-2 中轮毂设计为例，轮毂设计方案的细节部分过于尖锐，造成局部应力集中，轮毂很容易发生断裂，而追求好看而将轮辐设计过薄也会降低轮毂强度。造型繁杂，再加上上述两点原因又会造成后期表面处理的加工精度提升，从而引起成本倍增（次品率和废品率增加引起成本递增）。以上多点原因造成方案不能实施投产。

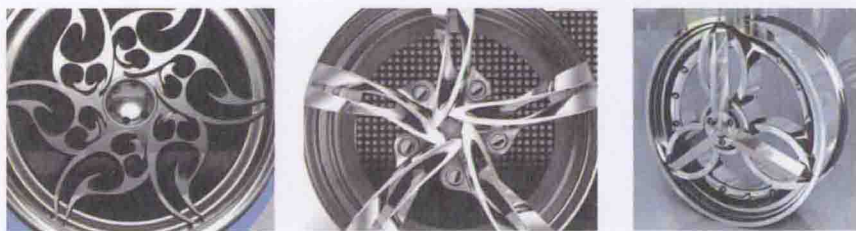


图 1-2 轮毂设计

具备工程技术相关知识和素养，是当今社会对产品设计师提出的能力要求。这项要求主要强调设计人员必须具备科学和务实的态度，对显性知识的认知和把握能力，具备整合设计硬环境的方法和手段，也就是强调设计人员理性思维的能力和水平。

基于严谨而理性的思考形成的产品设计，不仅闪烁着理性的光芒，有时更能创造全新的审美感受，拓展人类视觉感知的审美域。图 1-3 为一概念建筑设计，其复杂的生态曲线外观适应其各种高新科技功能的需要，是科学计算与计算机模拟的结果，而这种全新的外观形式也彻底改变了人们对建筑这一概念的传统认识，对建筑的审美感知又上升到了一个新层面、新境界和新高度。

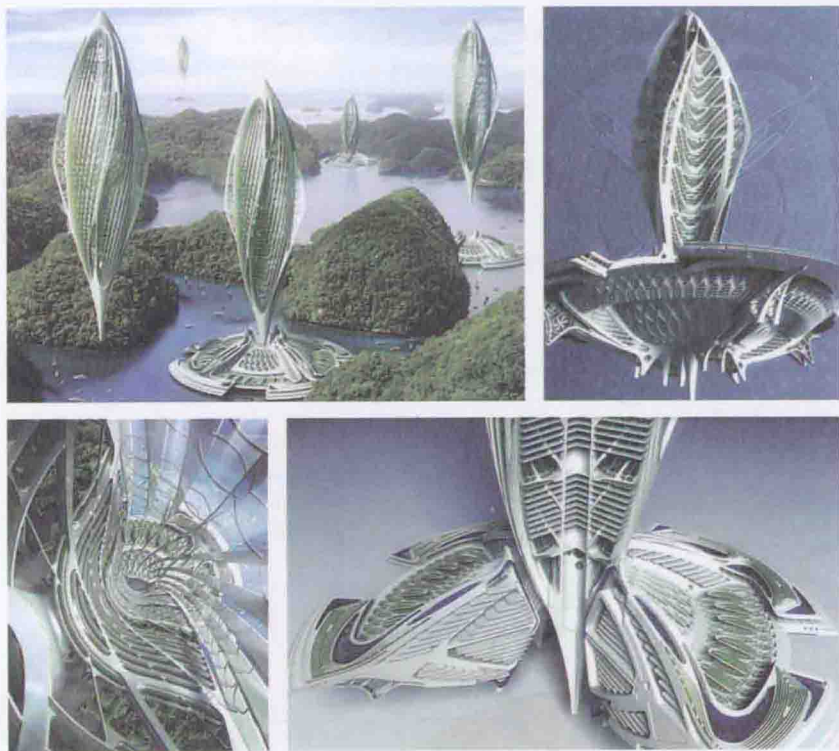


图 1-3 “氢化酶”概念建筑



这是比利时建筑师文森特·卡勒博（Vincent Callebaut）提出的“氢化酶”概念建筑，这些纺锤状的飞行器能够像植物的种子那样飞行或者悬浮在高空，它们的底座是能够产生氢气的悬浮农场，实现资源的自给自足。悬浮农场种植经过挑选的海藻品种，以有效吸收光和二氧化碳并产生氢气，还无须消耗农作物或者森林所必需的土地，并实现百分之百无排放。各种可再生能源都可以被集成在飞艇单元内。20个风力涡轮机可满足175km/h的航行速度。飞艇除吸收太阳能外，还使用了更轻、强度更高的复合材料（玻璃纤维和碳纤维），以减少其结构质量。有“智能层”可避免冰雪积累，“自我可分离陶瓷”材料可最大限度地减小风阻。这两种仿生涂层安全无毒，自洁无菌，而四翼增大与基站的附着力，确保与基站连接稳固。

1.2 工业设计的设计方法

设计作为一门综合性学科，其设计方法很多，各具优势和特色。随着时代的进步，多种设计工具的开发和利用，产品设计方法也从最早简单的手绘草图法发展出并形成了各种各样的设计方法。

基于不同的设计工具和技术，目前国内通常使用的设计方法可分为手绘表现法和计算机模拟法。手绘表现法又包括快速草图法和手绘效果图法两类。计算机模拟法包括计算机3D建模渲染法和手绘笔虚拟绘制法。

从创意来源、设计思路和形态审美的角度，目前国内常见的设计方法有：头脑风暴法，KJ法（属性归并法），语意设计法，情感化设计法，系统及模块化设计法（单体元素组合交叉法），风格塑造法，价值分析法，传统元素借鉴法，理论引用法（TRIZ工程理论借鉴法）以及逆向工程设计法等。

这些方法，总体上可以归为理性设计法和感性设计法。感性设计方法比较利于新创意的获得，但不可避免地具有随意性、主观性和难以复制性，适用于中小体量和单一型产品的设计。而理性设计方法侧重数据分析和系统化评估，则更适用于复合度高、受控因子多的大型产品及产品工程的设计。

各种设计方法的目的是为了获得最满意的设计方案。而从设计方案到实际产品生产，还需经过一个完整的设计流程（图1-4）：依据设计定位寻找形象原型并构造具象模型，结合必要的设计条件从构思草图中得到优化的设计方案，再进行细节图、方案建模图、外形3D尺寸图、最终效果图等二维模型制作工作，并在此基础上制作手板模型，其间穿插并结合多次多方面的设计评价来调整设计方案，最终获得可以批量生产的产品方案。

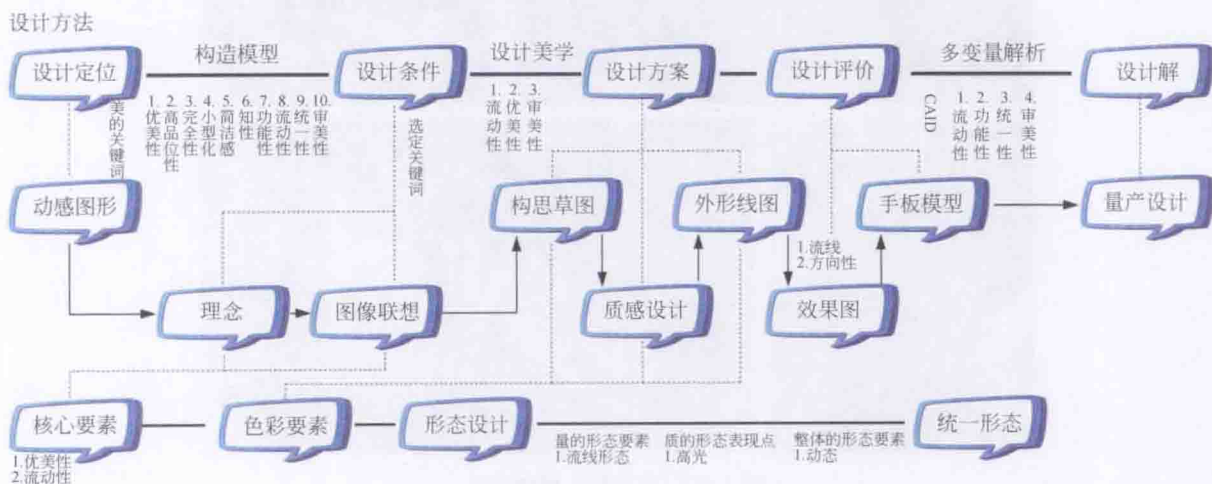


图 1-4 工业设计常规设计流程



1.2.1 理性设计法

有了好的设计理念,还要有科学合理的设计方法,才能实现最好的设计表达。随着时代进步、多种设计工具的开发和利用,产品设计方法也从最早简单的手绘草图法发展出各种各样的设计方法,通常分为两大类:理性设计法和感性设计法。

利用自然科学的方法和技术手段进行产品造型设计的方法,一般称为理性设计法。这里重点介绍经典参数设计法和基于材料受力特征的设计方法。

1.2.1.1 经典参数设计法

一个完整的产品往往由许多个零部件组成,将每一个零部件的形态简化(称为形态要素)并以不同代码标记,再结合不同代码的排列组合,形成不同的整体,从而实现产品形态设计的过程,这种方法称为经典参数设计法。此方法由于需要集合、演算、推理等数学知识和逻辑思考能力,对于理性思维较强的产品设计师尤为适用,在机械设备、仪器仪表、操作平台等以标准几何形态为主的产品领域应用较广。

形态要素的分类,主要分为经验要素和非经验要素。经验要素是指看到过或学习过的形态要素,非经验要素是设计人员创造或改造的形态要素。非经验要素还包含先天性要素、偶然性要素等,这也是形成设计师风格的关键因素。

以早期家用录音机设计为例(图1-5),经典参数设计法的主要方法步骤如下所述。



图 1-5 早期家用录音机

1. 集合构成与代码标注

将各个零件或部件用小写字母作为代码进行标注,如录音磁头 a_1 、播音磁头 a_2 、删除磁头 a_3 ,等等。然后归纳其共同的满足条件(可以从性能、功能、操作方式等各种属性角度来归纳总结),将满足条件的零部件都归结为同一集合,以大写字母表示,符合条件用 $\in$ 来表示。因为上述各磁头要素都满足“磁头功能”这一条件,所以构成了磁头部分的集合 A 。

$$a_1 \in A, \quad a_2 \in A, \quad a_3 \in A \quad (1-1)$$

$$A = \{a_1, a_2, a_3\} \quad (1-2)$$

不同条件组成了不同的集合,有些集合对于其他集合来说是有一定作用的,但是也有的集合对其他集合没有作用。

2. 代表符形提取与代码标注

从产品功能和产品形象角度,可以为步骤一中获得的各个集合赋予不同形式的代表符形(具有符号意义的图形),并以补集符号作为其标注代码。例如,磁头集合的代表符形以 $\bar{A}$ 表示(图1-6中 $\bar{A}$),符形的横向倒梯形区代表各种按钮操作,下端圆头的竖向矩形区代表旋钮操作。不同功能区的符形在视觉上要各不相同,符形差异度越大越佳。

符形也是一个集合,这个集合须为闭集合,如:

$\bar{A}$: 磁头各种操作部分的符形形态(闭集), $\bar{A} \neq \emptyset$

$\bar{C}$: 磁带驱动操作部分的符形形态(闭集), $\bar{C} \neq \emptyset$