

第一章

设计
形态学总论

第一节 设计形态概述 · 003 ·

- 一、传统形态分类 · 003 ·
- 二、设计形态的本源和发展 · 012 ·

第二节 设计形态学源流 · 017 ·

- 一、语义形态学 · 017 ·
- 二、艺术形态学 · 020 ·
- 三、材料形态学 · 022 ·
- 四、机构形态学 · 024 ·
- 五、文化形态学 · 026 ·
- 六、生物形态学 · 028 ·

第三节 设计形态学现状 · 030 ·

- 一、基于造型与功能的产品形态设计 · 030 ·
- 二、基于用户的产品形态设计 · 031 ·
- 三、强调情感因素的产品形态设计 · 032 ·
- 四、基于文化价值的产品形态设计 · 033 ·

第四节 设计形态学演进 · 034 ·

- 一、认知学驱动设计形态学 · 034 ·
- 二、仿生学驱动设计形态学 · 036 ·
- 三、心理学驱动设计形态学 · 037 ·
- 四、信息学驱动设计形态学 · 038 ·
- 五、多学科驱动设计形态学 · 040 ·

第五节 设计形态学的重要性 · 042 ·

第六节 设计形态学课程思政育人 · 042 ·

第二章



认知学驱动 设计形态学发展

第一节 认知学与设计形态学 · 047 ·

- 一、认知学概述 · 047 ·
- 二、认知学与设计形态学关系 · 053 ·

第二节 认知学驱动创新形态设计方法 · 055 ·

- 一、用户认知对设计形态的反馈 · 055 ·
- 二、用户认知到形态感知的相关理论 · 057 ·

第三节 认知学驱动的形态创新设计实践 · 063 ·

- 一、认知学驱动的形态创新设计原则 · 063 ·
- 二、案例应用 · 071 ·

3

第三章

仿生学驱动 设计形态发展

第一节 仿生学与设计形态学 · 075 ·

- 一、仿生学概述 · 076 ·
- 二、仿生学与设计形态学的关系 · 077 ·

第二节 仿生学驱动创新形态设计方法 · 079 ·

- 一、仿生设计原型类比设计 · 080 ·
- 二、仿生材料组织主导的设计形态 · 081 ·
- 三、仿生几何形态主导的设计形态 · 089 ·
- 四、仿生体系组织主导的设计形态 · 099 ·

第三节 仿生学驱动形态创新设计实践 · 105 ·

- 一、仿生学驱动形态创新设计原则 · 106 ·
- 二、案例应用 · 109 ·

4

第四章

心理学驱动 设计形态发展

第一节 心理学与设计形态学 · 115 ·

- 一、心理学范畴 · 115 ·
- 二、心理学与设计形态学的关系 · 117 ·

第二节 心理学驱动的设计形态方法 · 118 ·

- 一、环境心理学下的设计形态研究（社会文化—感性需求） · 119 ·
- 二、工程心理学下的设计形态研究（人因工效—理性需求） · 123 ·
- 三、色彩心理学下的设计形态研究（视觉审美—感性需求） · 130 ·
- 四、基本研究方法 · 134 ·

第三节 心理学驱动创新形态设计实践 · 143 ·

- 一、心理学驱动创新形态设计原则 · 143 ·
- 二、案例应用 · 145 ·



第五章

信息学驱动 设计形态发展

第一节 信息技术与设计形态 · 151 ·

- 一、信息学概述 · 151 ·
- 二、信息技术与设计形态的关系 · 154 ·

第二节 信息学驱动创新形态设计方法 · 157 ·

- 一、信息可视化下的设计形态演进 · 157 ·
- 二、智能设计支撑下的形态学 · 167 ·

第三节 信息学驱动创新形态设计实践 · 181 ·

- 一、信息学驱动创新形态设计原则 · 181 ·
- 二、案例应用 · 184 ·



第六章

多学科驱动 设计形态创新发展

第一节 多学科协同发展驱动创新设计源泉 · 189 ·

- 一、多学科协同发展驱动创新设计的背景 · 190 ·
- 二、多学科协同发展驱动创新设计的意义 · 192 ·

第二节 多学科协同发展驱动创新设计机制 · 194 ·

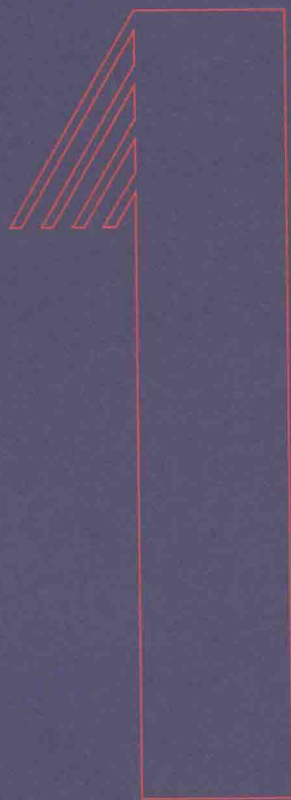
- 一、协同驱动创新基本特性 · 197 ·
- 二、协同驱动机制 · 199 ·

第三节 多学科协同发展驱动创新设计评价 · 203 ·

- 一、评价指标 · 204 ·
- 二、评价方法 · 205 ·

第一章

设计形态学 总论



设计形态学是设计领域的形态学研究，以形态为设计研究对象，融入认知学、仿生学、心理学、信息学等多学科研究理论与方法，对形态的发展变化原理、规律进行深入探究。设计形态学的研究范围不仅包括了外化的形态，同时也包括对设计形态学方法论的探索。目前，对设计形态学的研究对象——形态的定义可以从形态的物理尺寸、存在维度及虚实分类三方面去理解，同时结合形态设计本源及发展趋势明确设计形态学研究特点。

为了进一步说明设计形态学研究概况，本章从语义、艺术、材料、机构、文化和生物等学科角度阐明设计形态学的多学科融合源流。在随后的章节中，总结了当下的产品形态设计现状。最后，从认知学驱动设计形态学发展、仿生学驱动设计形态学发展、心理学驱动设计形态学发展、信息学驱动设计形态学发展及多学科驱动设计形态学创新发展五个方面系统阐述了设计形态学和其他关联学科之间的耦合促进关系和未来的发展方向，为读者在具体的设计工作中提供参考借鉴。

第一节

设计形态概述

一、传统形态分类

在科学与艺术的领域中，对物体形态的分类通常可以按照其物理尺寸、存在空间维度和存在虚实三个标准进行。按照物理尺寸可以将物质形态分为宇观形态、宏观形态、介观形态和微观形态四种；按照物质的存在空间维度可以将形态区分为二维平面形态、三维立体形态和四维形态三种；按照形态的存在虚实，则可以将形态分为虚拟形态和实体形态两类。

（一）物理尺寸分类

1. 宇观形态

可以观测到，但还不能以物质手段加以影响和变革的时空区域被称为宇观世界。它不同于宏观规模的物质过程，具有高密度、高温、高压、大质量、大尺度、大时标等特征，包括星系、星系团、总星系，距地球100亿光年的宇宙太空。宇观世界的运动速度大到接近光速，万有引力对其起主要作用并服从相对论力学规律。20世纪60年代以来，人类对宇宙观测研究获得的一系列重要发现，如脉冲星、类星体、微波背景辐射、星际分子等都属宇观世界。宇观概念是在总结现代天文学发展基础上提出的新概念，由我国著名天文学家戴文赛于1962年首次提出，他在《宇观的物质过程》一书中指出：“大质量加大尺度，既是宇观过程的特征，又是它的条件。”

2. 宏观形态

宏观形态的特点是物理量具有自平均性：可以把宏观形态看成是由许多的小块所组成的，每小块是统计独立的，整个宏观形态所表现出来的性质是各小块的平均值。通常被认为是宏观形态的长度

尺度,在1毫米至1公里。如果减小宏观形态的尺寸,只要尺寸还是足够大,测量的物理量和系统的平均值的差别就依然很小。

宏观世界容易观察的物质层次包括无机界和有机界。其中无机界包括地球上所有的物体和包围在地球表面的空气层,有对流层、平流层、电离层和扩散层,还有太阳系内的恒星、行星、卫星、彗星等。有机界包括人在内的动物、植物种群、生物群落、生态系统、生物圈,以及人类社会等。宏观世界一般服从经典力学规律,但是不同质的宏观世界具有不同的运行规律,如生物界具有生命运动的规律、天体现象服从天体运行规律、社会运动服从社会规律等。学术界有一种意见认为,应该抛开物质客体自身的属性,从认识论的观点,根据主体对客体的变革特征和观测特征来定义宏观世界,就是指人们可以直接观测,且能以物质手段加以变革的时空区域。

3. 介观形态

介观形态是指尺度介于微观和宏观之间的形态体系,一方面具有微观属性;另一方面在尺寸上又是宏观的。介观介于宏观和微观之间,尺度在纳米和微米之间,这时量子相干效应起很大作用。介观物体的尺寸具有宏观大小,但是却能呈现出许多我们原来认为只能在微观世界中才能观察到的物理现象。介观粒子仍属宏观粒子,然而这种宏观粒子在低温条件下的实验结果,却表现出了微观粒子才有的量子效应,这种呈现出微观物理效应的宏观系统叫介观系统。它服从的是介观物理学的规律,这是介乎微观与宏观之间的第三种规律——介观规律。

4. 微观形态

微观尺度是原子核、粒子物理学研究原子核、基本粒子及与之相应的场的尺度。微观世界的各层次都具有波粒二象性,服从量子力学规律。微观形态通常是指分子、原子等粒子层面的物质表现形态。

以上四种形态的尺度与适用范围如表1-1所示:

表1-1 四种形态的尺度与适用范围

尺度层次	尺度单位	理论	工具
宇观	光年	相对论	探测器
宏观	km	牛顿经典力学	望远镜

续表

尺度层次	尺度单位	理论	工具
介观	微米-纳米		显微镜
微观	费米-阿米	量子力学	粒子加速器(探测器)

(二) 存在空间维度分类

1. 二维平面形态

作为传递信息的二维平面形态,早期形态主要是招贴和海报,在造型和色彩上都用了绘画的表达方式。商业化发展对平面设计的需求不断扩大,迅速、直接地传递信息变得越来越重要。绘画式的造型和表达方式严重阻碍了平面形态的创作和印刷,平面形态设计面临着现代化、功能化的变革。在各先锋艺术流派的试验和探索阶段,造型开始变形和抽象,色彩变得平面、主观。对于平面设计从具象的图形表现转变为抽象的信息传达,现代艺术的实践起到了极为重要的推动作用。无论是在形式上还是在版面编排上,平面设计的现代化、功能化转变都借鉴了现代艺术的发展经验,使传统的图形设计实现了功能性信息传达设计的蜕变。

电子媒介与互联网媒介虽然跟印刷媒介同样以平面为载体进行视觉表现,却有着巨大的差别,因此,根植于印刷媒介的 Graphic Design 知识与技能体系很难嫁接在电子媒介与互联网媒介上。首先,屏幕显示与纸本印刷的技术原理完全不同,对观看与阅读的视觉要求也不一样,很多针对印刷媒介的学理知识和精细化技能在屏幕媒介上就变得无效了。其次,屏幕媒介本就是为动态画面而生的,动态变化是其画面构成中的核心要素之一,而印刷媒介是以静态画面为基本格式甚至作为整个作品的边界,尽管两者都营造画面,但格式体系已全然不同。最后,也是最本质的区别在于背后的信息逻辑。与屏幕媒介(尤其是接入网络之后)对应的信息逻辑是“生长与互动”,而与印刷媒介对应的信息逻辑是“稳定的传播”,毫无疑问,前者与由互联网所主导的人人皆可参与的信息逻辑更加吻合。虽然媒介的更替并不意味着原先的知识与技能全然失效,但

整个 Graphic Design 知识体系的重建却不可避免。www.ertongbook.com

在平面设计的现代化、功能化过程中，首先是图像造型的变化。作为传递信息的方式，现代平面设计的宗旨是快速、直接地传达信息，尽量减少信息传达过程中的障碍和误读。因此，需要更为简练的、装饰性和抽象化的造型及概念化的色彩，以避免自然具象的细节描绘对信息传达的干扰，让信息的传递更为直接和明确。现代艺术从立体主义开始，在形式的表现上逐渐往变形和抽象的方向发展。以毕加索为代表的立体主义风格，首先对自然物象进行分析和判断。画家改变了传统绘画的观察方法，在描绘的过程中把物象打散，使之碎片化、几何化，然后从中提取纯粹的形态进行重构。立体主义的独创性在于把对象进行多面切割并分解为各种几何形态，最后把从各视点观察对象的结果组合在一个平面上，突破了客观再现的界限。立体主义艺术家在形体、空间、色彩、肌理和表现手段方面，结合象征、寓意进行创作，为现代平面设计提供了新的创造性思路，丰富了平面设计尤其是招贴和海报的视觉语言（图1-1）。



图1-1 平面形态

技术的变革永无止境。在今天，平面形态设计所面临的冲击远不止于屏幕媒介与互联网，AI技术的发展也已经介入创作之中。有足够的大数据做支撑，通过机器学习，今天的AI可以轻易设计出符合功能需求和审美标准的海报或LOGO，其效率比人工提高了无数倍。

2. 三维立体形态

三维立体形态是研究在三维空间中如何将立体造型要素按照一定的原则组合成赋予个性的美的立体形态的学科。整个立体构成的过程是一个“分割到组合”或“组合到分割”的过程。立体形态构成是用一定的材料，以视觉为基础，力学为依据，将造型要素按照一定的构成原则，组合成美好的形体的构成方法（图1-2）。它是以点、线、面、对称、肌理来研究空间立体形态的学科，也是研究立体造型各元素的构成法则。其任务是揭开立体造型的基本规律，阐明立体设计的基本原理。

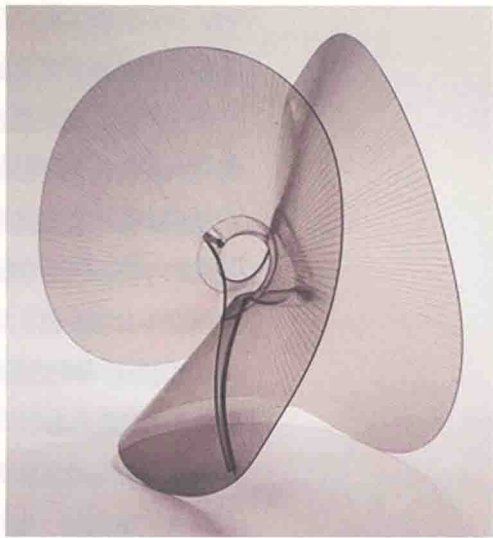


图1-2 立体形态

立体构成是对实际的空间和形体之间的关系进行研究和探讨的过程。空间的范围决定了人类活动和生存的世界，而空间却又受占据空间的形体的限制，艺术家要在空间里表述自己的设想，自然要创造空间里的形体。立体形态与形状有着本质的区别，形状仅是物体某个形态的无数面中的一个面的外轮廓，而形态是由无数形状构成的一个综合体。立体形态是由二维平面形象进入三维立体空间的构成表现，两者既有联系又有区别。联系的是：都是一种艺术训练，引导了解造型观念，训练抽象构成能力，接受严格的纪律训练。区别的是：立体形态构成是三维度的实体形态与空间形态的构成。一方面结构上要符合力学的要求；另一方面材料也影响和丰富形式语言的表达。立体是用厚度来塑造形态，它是制作出来的。同时立体构成离不开材料、工艺、力学、美学的支撑，是艺术与科学相结合的体现。

立体形态构成可应用于建筑设计、商品、产品、工业设计等。立体构成分为半立体构成、线立体构成、面立体构成、块立体构成和综合材质立体构成。同时注入文化、环境、技术、材料、功能等因素，从而产生不同的设计风格和设计形式。工业产品设计是科学技术与艺术的融合，是工业产品的使用功能和审美情趣的完美结

合，所以，在工业产品设计中特别强调产品设计的功能性、审美性和经济性。随着时代的发展，现代工业产品设计的发展也已经历了一个多世纪，在发展过程中，工业产品设计被注入了更多的精神和文化内涵。工业产品的设计过程是把抽象的理念和技术，转化为可以摸到的实实在在的东西，这种抽象的理念就是创造性思维。立体构成的学习和训练就是为了培养同学的创造性思维，从而掌握立体造型的规律和方法。常常有许多优秀的立体构成造型，只要融入实用功能就是一件工业设计产品的造型。

3. 四维形态

所谓四维形态，是在传统三维形态中再加入“时间”变量，不仅包含三维的长、宽和高三个维度，更增加了一个时间维度。使设计出的物体可以随着时间推移在形态结构上进行自我智慧调整，最终自动达到预先设计要求。

目前三维形态已可应用于从食品面包到军械枪弹等各种新产品的生产。但四维形态与三维形态有所不同，四维形态最显著的特点和优势是：所设计的产品会随着时间的变量按照预先设定的模式和要求自动重塑形态结构，即在指定的时间形成所需要的形状。例如，输水管道可以根据水流量的大小而自动调节管径，利用自行起伏波动将水流输送到指定地点；汽车会根据车内温度自动打开散热孔盖散热；家具可根据路途自行设定组装时间，或按照需要将购回的家具进行重组。

四维形态在利用计算机软件并将设计思想直接内置于材料中，同时，赋予其按需求改变形状的能力，其产出的物品如同智能机器人一样，无须外接任何设备，就能实现“自动适应”“自动调节”和“自动创造”。四维形态需要静止的和活动的两种材料。静止材料奠定了物品的几何结构，而活动材料包含了促使物体变形的能量和信息，成为可编程材料，即一种高科技智能材料。四维变形功能可谓应用潜力无限，适用领域广阔，从军用到民用，从日用消费品生产到生物医学实践，从航天工业到体育娱乐，可谓无所不及，未来将被应用到生产和生活各个领域。

（三）存在虚实分类

1. 虚拟形态

就虚拟与实践的关系来说，在计算机和信息技术、VR技术等兴起之前，虚拟只是以虚拟思维的形式渗透并作用于现实实践，与当今时代的数字化构成方式、表达方式、超越方式相比较，当时还不存在独立形态的虚拟实践，或者最多只是处于萌芽状态的虚拟实践或准虚拟实践。因此，以往的虚拟主要表现为思维形态的虚拟，即虚拟思维，其作用也主要表现在以虚拟思维的形式在观念上超越世界，并进而通过虚拟思维引导现实实践。与虚拟形态相关的学科有虚拟现实设计、网页设计、GUI设计等。

虚拟现实仿真技术是一门前沿的交叉学科，于20世纪80年代初被提出。该仿真技术将计算机仿真技术、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术相结合，从而形成虚拟情景（图1-3）。由于该仿真技术融合多源信息的三维立体动态效果，所以会给用户呈现出身临其境的感觉。虚拟现实技术是多学科、多技术融合的结果，它具有存在特性、交互特性、创造特性、多感知特性四大特征。

虚拟现实技术依据用户感官和心理特征，通过计算机设计3D图像形成逼真的三维系统空间。虚拟现实交互性指用户与设备和系统间的自然交互，用户通过硬件如鼠标、键盘等传感设备感知虚拟系统情境中的信息，虚拟现实系统则根据用户的感受和运动反馈，来实时同步优化调整相应的音频图像环境，用户根据需求任务、感官，对系统的目标对象进行操作。系统中的环境根据现实世界中的规律进行搭建，同时配有视、听、触等感官传感设备以及动觉类的传感设备和反应装置，传感设备让系统具备了多感知性功能，从而优化用户的使用环境和情景。



图1-3 虚拟现实仿真技术

虚拟现实仿真技术系统由信息感知系统、自然交互系统、传感系统和模拟3D环境系统所构成。其中信息感知系统可以通过用户的多感官通道（如嗅觉、听觉等）感知触点来感知信息；自然交互系统是以计算机分析用户产生的动作行为数据，然后及时反馈到用户的感觉器官中的一种系统；传感系统是指虚拟现实应用和3D交互的硬件设备；3D环境系统是由计算机生成的动态的模拟真实环境的仿真环境。

在虚拟现实系统中，用户可以通过一系列传感设备对虚拟世界中的物体进行五感的体验。例如，用户通过虚拟现实系统看到了一个虚拟的杯子，在现实生活中，人的手指是不可能穿透任何杯子的“表面”的，但在虚拟现实系统中却可以做到，而且能感受到握住杯子的感觉，这就是传感反馈技术实现的触觉效果。如今，虚拟现实技术已被应用于医学、教育等行业之中（图1-4）。

数字孪生技术作为实践智能制造理念的使能技术与手段，能够有效解决智能制造过程中的信息物理融合难题，得到越来越多学者的关注和重视，推动学者研究并将其用于解决实际的工程问题。密歇根大学的格雷夫斯（Greves）教授最初仅对数字孪生的模型进行定义，即由物理实体、虚拟实体以及两者之间的连接共同组成的模



图1-4 虚拟现实的应用

型。而后,在美国航空航天局(NASA)撰写的空间技术路线图中对数字孪生定义如下:数字孪生是一种面向飞行器或系统的高度集成、多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真模型,能够充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,在虚拟空间中完成映射,从而反映现实。美国航天航空局对于数字孪生的定义受到了广泛的关注和认可,在此基础上,发展出了不同领域的研究,图1-5为他们的理论基础。

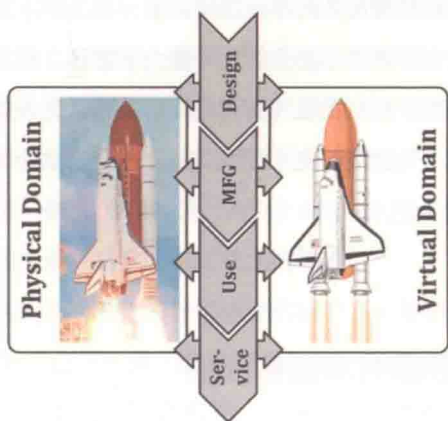


图1-5 数字孪生技术

2. 实体形态

物理学上物质有六种存在形态:固态、液态、气态、等离子态、玻色—爱因斯坦凝聚态、费米子凝聚。固态物质具有固定的形状,液体和气体则没有。想要改变固体的形状,就必须对它施力。例如,挤压或拉长可以改变固体的体积,但通常变化不会太大。液态具有流动性,把它放在什么形状的容器中它就成为什么形状。当液态物体分子间的范德华力被打破时,物体由液态变为气态;当液态物体分子间热运动减小,小到分子间化学键可以形成,从而化学键在分子间占主导地位时,液体变为固体。气态是物质的一种状态,是一种流体,它可以流动、可以变形、可以扩散,其体积不受限制。其三要素为体积、温度和压强,气态物质的原子或分子间的距离很大,相互之间可以自由运动。气态物质的原子或分子的动能比较高。等离子态是物质原子内的电子在脱离原子核的吸引而形成带负电的自由电子和带正电的离子共存的状态,此时,电子和离子

带的电荷相反，但数量相等。玻色—爱因斯坦凝聚是玻色子原子在冷却到接近绝对零度所呈现出的一种气态的、超流性的物质状态。费米子凝聚态是物质存在的第六态它不是超导体，当物质冷却时，费米子占据最低能态，但它们处在不同的能态上。

与实体形态相关的学科有工业设计、建筑设计、服装设计、雕塑设计、空间设计等，包括形体、色彩、装饰、材质、声音、气味等多种设计要素。形体、色彩和材质属于造型的视觉要素，其中造型的物理形态最终按照几何学原理可以被分解为点、线、面、体的构成，它们决定了形态的动力结构、张力和意蕴。线型是产品造型的重要构成因素。柏拉图在《斐利布斯篇》中认为线条和图形拥有绝对的美；近代贺拉斯研究了线的美感；里普斯认为就连简单的直线也都具有规律性。

二、设计形态的本源和发展

随着交叉学科对设计形态的影响，形式特征逐渐呈现出从范式到多元、从静态到动态以及从单一到复合的转化，形态要素的关系也从传统的二元对立转向了融合互动。面对日趋复杂的形态发展，以及新的互动关系在各个层面对形态要素提出的“变”的要求，传统形态创新逐渐显现出很大的局限性。因此，针对形态创新、多样化拓变形态设计方法和策略研究过程中存在的问题，是设计形态学亟待解决的重要课题。

（一）设计形态的本源

设计的核心思想是为人类服务，在设计发展的过程中，从协调人与物之间的关系到人与人的关系、人与环境的关系，乃至人与未来的关系，设计的重心不断变化、创新，从解决实际问题的能力到研修与运筹指导实践的理论和方法，设计形态学应运而生，它不仅延续了设计学研究形态的本源，而且融合了理工科思维与方法的精髓。