材料设计研究的 3 个视角

尹建伟[1,2]
（1.清华大学，北京 100084；2.北方工业大学，北京 100144）

摘要：目的 从设计师、材料特性以及用户体验维度提出材料设计研究的 3 个视角。**方法** 采用文献梳理、理论阐述和案例分析的方法对材料设计研究进行系统性整理。**结论** 材料设计研究的视角包括设计师式的材料探究和材料思维、材料特性和科学选材策略、材料体验和材料驱动创新方法。3 个视角有助于厘清材料设计研究的理论和方法，有助于从思维、材料以及体验 3 个层面构筑材料的研究体系，为未来的材料设计研究提供可行的实践和理论方向。

关键词： 材料思维；材料特性；材料选择；材料体验；材料驱动创新
中图分类号： TB472 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2021)10-0014-05
DOI： 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.003

Three Perspectives of Material Design Research

YIN Jian-wei[1,2]
(1.Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2.North China University of Technology, Beijing 100144, China)

ABSTRACT: This tesis proposes three perspectives of material design research from the designer, material characteristics and user experience. Literature review, theoretical review and case analysis are employed to systematically study the material design research. The three perspectives include designer style material exploration and material thinking, material characteristics and scientific selection strategy, and material experience and material driving innovation method. This framework helps to clarify the theory and method of material research and construct the research system of materials from three aspects of thinking, material and experience, which provides a feasible practical and theoretical direction for the future material design research.

KEY WORDS: material thinking; material characteristics; material selection; material experience; material driving innovation

材料是技术文化的表征，不同文化特征被冠以材料属性，如石器时代、青铜时代、钢铁时代以及现代的合成材料时代[1]。材料构成了社会的物质文化基础，同时也成为设计实践和设计研究的前沿阵地。目前人类可使用的材料达 16 万种之多，并且每年还会有新材料被研发并投放市场[2]。无论是宏观的物质文化还是微观的产品革新，都离不开材料的形式、结构和功能组织，也离不开材料的符号价值，材料即媒介。可以说，物质材料为人类社会和设计实践提供了新的可能，其本身的复杂性也给设计研究带来新的挑战。这需要人们系统地整理材料研究的可能维度。本文尝试从 3 个视角探讨材料研究的进展，包括材料探究及材料思维、材料特性及科学选材、材料体验及材料驱动创新。首先，材料潜能、材料思维决定了材料的创新应用。其次，材料特性既包括客观的理化属性又包括主观的感觉、意义和情感，这些特性决定了材料在应用中的具体表现。最后，探讨材料作为体验对象所具有的惊奇、意义和情感如何来创造体验。这 3 个视角构成了材料研究较为完整的知识体系，有助于人们理解材料研究的问题情境、理论方法以及设计实践。

收稿日期： 2021-03-10
作者简介： 尹建伟（1982—），男，河北人，清华大学博士生，北方工业大学讲师，主要研究方向为设计方法论、材料设计研究。

1　材料探究与材料思维

材料对于材料科学而言关涉着自然世界的客观存在（what it is），对于设计学科则关涉着其存在的可能方式（what it may be），即材料在形式、功能、感知、意义以及情感方面的潜能。Barati 和 Karana 将材料潜能归纳为“形式潜能”、“功能潜能”、“体验潜能”和“可供性潜能”[3]。设计师面向材料潜能的探究成为设计实践的重要内容。伊姆斯夫妇和阿尔托曲木椅、吉冈德仁的 Honey-Pop 椅、万德斯（Marcel Wanders）打结的椅子、坂茂的纸管建筑、品物流形竹丝灯和宣纸椅均是以材料为起点开展的创新实践。马克纽森在工作室收集了大量的材料样本，并总结出了自己的创作方式，其实就是给这些材料找个“理由”[4]。

自包豪斯时期起，设计师便已开始用“做中学”、“做中创”的方式探讨木材、金属、玻璃、织物等材料的形式、功能以及感觉属性。伊顿聚焦于材料视觉性的对比；莫霍利·纳吉探讨材料的触觉体验，他通过“光滑—粗糙”、“锐—钝”等感觉属性比照材料体验效果[5]。布莱姆斯顿将这种探究的方式称为材料思维（material thought）[6]，设计师通过“私密性交互”来探讨和发掘材料的潜能。通过“物理性操作”和“精神性”探索，唤起设计师的想象力。这种方式也被称为“摆弄材料”（tinkering with material），通过对材料进行切、弯、揉、捏等动作来理解材料的内在属性、条件限制以及潜在应用[5]。以色列设计师 yaacov Kaufman 通过对铝质板材用切、折、打结、打孔、焊接等方式设计了十余种台灯模型（见图 1），体现出了材料思维对材料潜能的开放性和非结构化的探索形式。材料思维不同于传统问题导向的设计实践，是一种逆向求解的过程。设计师借助实验法和试错法，结合“反常规性”、“即兴发挥”、“杂交混合物”以及“交叉学科”等技巧实现材料的创新应用[6]。

设计师式材料探究和材料思维依赖于设计师的直觉、灵感和经验，还未形成系统的、结构性的以及可言传的知识体系。如何开发可靠、有效的工具、方法和程序将是未来材料设计研究的一个重要方向。

2　材料特性与科学选材

早在 20 世纪中叶，密斯·凡德罗和沃尔特·提格就提醒人们，设计师拥有的材料知识与形式赋予能力已远远跟不上材料的多样性[7]。材料在设计过程中不再被认为是一种“给定”因素，材料本身就是设计问题的一部分。产品处于一个复杂的系统中，其功能、制造、经济、可持续发展以及美学感知和情绪体验均成为设计中的制约因素[8]。仅仅依靠设计师的直觉和经验很难处理复杂的产品开发，材料特性研究以及科学的选材问题成为 20 世纪中后叶材料研究的重要课题。

2.1　以工程导向的选材策略

材料特性包括理化特性和感知特性。理化特性决定了材料的工程和使用维度，而感知特性决定了材料的美学以及情感维度。工程维度涉及材料的技术属性如何转换为可行的应用；使用维度涉及材料作为人机交互接口的可能方式；美学与情感则是用户的直接体验效果。材料特性决定了选材的方法和标准。科学的材料选择可以划分为以工程为导向和以感知特征为导向的选材策略。工程为导向的选材策略主要关注材料的物理和工艺特性，针对材料的功能适用性展开研究。感性特征为导向的策略则以材料的感知属性为选材依据。其实，设计师正是依靠材料的感知属性将产品材料符码化的。两种导向的选材策略均借助系统性、结构化的方式提供材料选择依据，减少设计师在材料选择上的模糊性和任意性，提供确定和可靠的选材方法。需要指出的是，两种策略只是研究侧重不同，并非完全割裂，它们之间表现出相互交叉和融合的特征，并趋于整合。

工程导向的选材策略可以简单概括为为特定的功能和结构选择合适的材料。Ashby 较早提出了这种选材策略[9]。他在对比工程技术人员与设计师选材逻辑的差异的基础上，建立起材料、工艺、意图、外观和感知的索引体系，并以此创建材料库和产品库。技术工程师与设计师可以借助材料库和产品库进行材料比照和选择。Ashby 的材料选择理论是系统性和图书馆式的，其重要贡献在于将技术属性与美学属性加以量化、视觉化处理，为材料科学、技术工程师以及工业设计师搭建一个沟通的平台。目前这种方法已被开发为系统的材料数据库 CES（Cambridge Engineering Selector），主要提供材料及加工的工程性能数据[10]。

图 1　Yaacov Kaufman 铝板材实验探索
Fig.1　Experimental exploration of Yaacov Kaufman aluminum plate

工程导向的选材问料局限于材料库和产品库，必然会带来程式化的、刻版的选材结果。Ashby 自己也意识到这种结构化方式的不足。在选材上应与非结构化的方式相结合，诸如通过浏览材料库和产品库，或者在材料博物馆（如 Material ConneXion）和材料展会（如 Material Xperience）等线上、线下平台去搜寻设计灵感。结构性与非结性相结合的研究方式将是未来工程导向选材的一个方向。

2.2 以感知特性为导向的选材策略

材料研究的逻辑正由“批量化—功能化”转向“定制化—符号化”[11]，材料选择的维度也不再局限于功能实用性问题，以感知特性为导向的研究成为了新的可能。感知包含较为客观的感觉和主观的知觉。尽管因人、环境和文化不同，感观体验会有不同程度的变化，但总体上还是可以借助物理属性进行客观量化和比照；而意义、联想和情绪等知觉现象则只能采取定性的研究方式。因此，关于材料的感知觉研究一般采用定量与定性相结合的方式。关于材料感觉特性的研究最早可以追溯到 20 世纪 80 年代[10]，是当时日本学者针对纸张、皮革、塑料、金属以及木材的感觉性能与物理性能之间的关系开展的定量研究。

国内学者在世纪之交也相应开展了材料感知特性的研究。安迪提出产品美感来自于材料的生理感受和五感联觉[12]；江湘芸、吴国荣、孟永刚提出视觉与触觉特性对产品造型的影响[13-14]；王岳提出设计应从材料的客观特征转向主观特征的创新[15]；曾栋、周砖、程海峰等提出期待理论下的触觉体验[16]。多数研究把材料的选择归属于材料的感官体验，即视、听、嗅、触、味感性特征，尤其把视觉和触觉作为重要特性加以探讨。

左恒峰基于人的视觉、触觉、情绪以及联想将材料的质感体验划分为“几何维度”、“理化维度”、“情绪维度”、“关联维度”，并以定量与定性的方式完整地描述各个维度[8,17]。在此框架下，左恒峰通过视触觉（visual touch）和盲触觉（blindfold touch）方式分别对材料质感进行测试[8]，建立了“材料—美学”数据库（Material-Aesthetics Database）[17]，以便设计师对材料的材质做出感知预判和选择。

Rognoli 把感觉特性与理化特性加以关联和对应，诸如“冷/热”与“导热率”关联；“轻/重”与“密度”关联；“软/硬”与“杨氏模量”关联，以此比较感觉特性与理化特性的对应关系[18]。其开发的“表达—感觉图谱”（Experssive-Sensorial Atlas）被用于教学实践，指导学生领会和体验材料的感觉特性与理化特性的关联与差异。

Fisher 在对塑料的研究中指出，人们对材料的体验不仅仅是感觉性的，同时也是文化性以及探索性的[20]。初生的婴儿用牙齿探索这个物质世界，但成人更倾向于用“文化的身体”来体会感悟。材料的身体性和文化性交织和共存，仅仅通过材料的五感进行客观描述，很难捕捉到体验背后的意义和情感评价。人们在谈塑料表面那种“粘粘”的感觉的时候，不仅仅停留在触觉的感官层面，而可能会与身体的汗液相关联，也可能与社会阶层和品味相关联[20]。身体性和文化性不能被化约为分离的感官体验，这将构成未来感官研究重要挑战。

3 材料体验与材料驱动创新

用户与产品材料的邂逅既是个体性又是文化性的，这种体验在时间、空间与语境的交织下发生意义、情感变化。感觉裹挟着情感和意义，而正是材料析出的意义和情感构成了材料体验的基础，决定了人们对产品的选择和抛弃。此外，材料的市场化进程中正在发生话语权的转变，由传统的“科学家—制造”转向“设计师—应用”，再由“设计师—应用”转向“消费者-鉴赏”[7]。这种话语权的转变使得设计研究更为注重材料的体验研究。

3.1 材料体验

Karana 首次提出材料体验（Materials Experience）这一概念，并将其定义为：“人从产品的材质中获得的体验”[21-22]，即用户对材料的所感、所思和所做。该理论来源于 Desmet 和 Hekkert 的产品体验框架[23]，材料的体验性被划分为美学、意义、情感和施为（performative）4 个层面[5]。材料体验承接了感知特性研究方向，并加入定性的用户研究维度，注重材料在整体情境（situational whole）中的意义、情感和体验效果。“材料意义”工具（MoM）便是基于用户体验的材料研究工具[24]。该工具针对特定的意义（例如性感、女性）对用户进行定量与定性的数据采集，依据设计师的解释绘制出“材料意义模型”，包含了用户、材料、产品及语境 4 个方面内容。该工具已经确立了 76 种意义，而且还在不断扩充，为设计师基于意义的选材方式提供参考。

3.2 材料驱动的体验设计

在用户体验转向体验设计的范式下，体验被作为设计对象来看待[24]。材料由传统的功能适用转向制造体验。传统材料的再发现为人们提供了惊奇的感官和情感体验。波兰设计师 Oskar Zieta 设计的 Fidu 不锈钢凳，采用激光切割、焊接并吹制而成，这种老材料新工艺不但创造出新颖的材料体验，还使每个不锈钢凳具有了独特的个性表现。吉冈德仁的 Pane 椅，利用聚酯橡胶（TPEE）的热塑性，使椅子制作犹如烘培，改变了对现成品椅子的认知。另外，基于计算机算法、生物科学以及化学技术的活性、自适应材料成为体验设计的另一种可能[25]。Diana Scherer 利用植物根系的生长创造出类似纺织品的材料（见图 2）。

Morphing Matter 实验室采用 4DMesh 技术实现了平板打印、预热成型的生产方式[26]（见图 3）。无论是老材料新工艺还是新材料新工艺都将为材料体验提供更多的可能性，并促进以材料为驱动的创新方法的探索与研究。

Karana 提出“材料驱动设计”方法[5]。该方法不是以传统的问题导向开展研究，而是以材料体验为起点。通过系列的方法和工具，诸如“摆弄材料”、“焦点小组”、“材料基准分析”、“材料意义模型（MoM）”等方式，将用户以及设计师的感觉、意义和情感等描述性和阐释性结果解构为“材料体验样板”[5]。这套样板为设计师提供了寻找材料的潜在设计机会。材料驱动创新探讨的是材料潜能，从根本上转变了设计研发流程，材料的介入由设计中后期提前到前期，将材料的工程选择问题转化为材料导引的创新问题。这种方法对新材料的市场应用具有独特的优势，有利于新材料的应用转化，缩减市场投放时间。材料驱动创新的方法已初具雏形，但仍有待进一步研究和深化。

4　回顾与述评

依据设计师、用户、材料特性，可以将材料设计研究划分为 4 个领域（见图 4）。材料特性具有主观和客观特征，客观特征构成了工程驱动的材料研究，主观特征则构成了感性导向的材料研究。两者凭借其系统化的、量化的组织方式构筑了较为科学的材料知识体系，并有望借助数据库的关联实现两者的融合。这种开放性的探究方式弥补了结构化特性研究的不足。设计师通过有效、可靠的探究工具和方法为激发材料潜力提供了更多可能。材料体验研究依赖感性特征，而在整体情境中则更加关注材料的意义与情感。

图 2　植物性生长材料
Fig.2　Plant growth materials

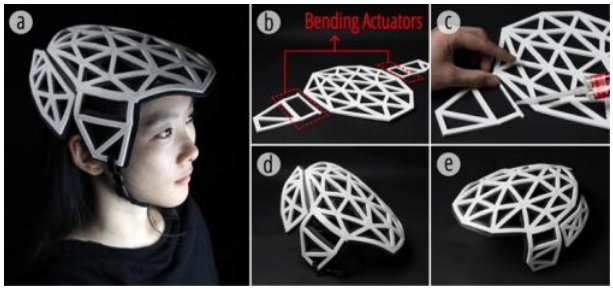

图 3　4DMesh 头盔
Fig.3　4DMesh helmet

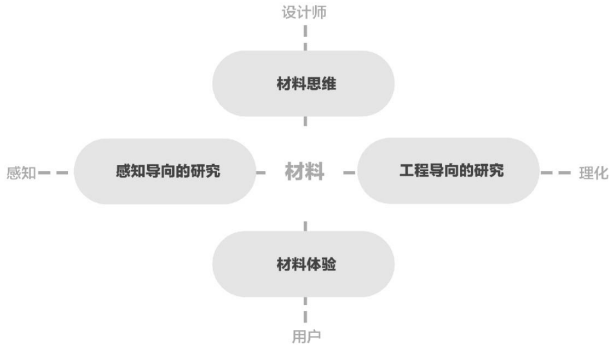

图 4　材料设计研究的 3 个视角和 4 个领域
Fig.4　Three perspectives and four fields of materials design research

尽管都是从材料出发，但 3 个视角在研究对象上有着明显的不同。材料探究和思维是以设计师的材料创新实践为研究对象，其关注设计师式的思维；材料特性研究是以功能实用性和感官体验为研究对象，其关注数据库平台的搭建；而材料体验则是以用户为研究对象，其关注对材料相关意义的阐释。在体验设计背景下，设计将由“问题求解”转向“可能性提供”[28]，将由材料体验转向通过材料制造体验，材料驱动的体验创新成为可能。

5　结语

有关材料的设计实践或设计经验多以“菜谱”的方式散落于教科书和工具手册中，在理论指导和实践操作方面并没有构成完整、合理的知识体系。随着材料科学的进步以及新材料的市场投放，材料研究成为设计研究的主要阵地。本文尝试通过 3 个视角把握材料研究的基本框架，从材料思维、材料特性以及材料体验出发探讨材料创新的可能性。在这个过程中还有两个重要问题亟待解决。首先是产品设计中的材料选择问题，即如何能够兼顾功能适用性和用户体验效果；其次是材料作为潜能和能动，能否驱动设计创新，创新的方法和机制又是什么样的。本文有待进一步探讨的是材料的身体性、文化性和可持续性。材料的文化性和可持续性被认为是材料体验的关键因素，并在设计创新中起到重要作用。这些维度需要在后续的研究中深入挖掘。

参考文献：

[1] WIKIPEDIA. History of Materials Science[EB/OL]. [2020-12-06] (2020-12-23). https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_materials_science&oldid=992623845.

[2] 迈克尔·F·阿什比. 产品设计中的材料选择[M]. 北京：机械工业出版社, 2017.
ASHBY M F. Materials Selection in Mechanical Design [M]. Beijing: China Machine Press, 2017.

[3] BARATI B, KARANA E. Affordances as Materials Potential: What Design Can Do for Materials Development[J]. International Journal of Design, 2019, 13(3): 105-123.

[4] HUSTWIT G. Objectified[CD/EL]. [2009-03-14] (2020-12-23). https://vimeo.com/ondemand/objectified/232896733.

[5] KARANA E, BARATI B, ROGNOLI V, et al. Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences[J]. International Journal of Design, 2015, 9(2): 35-54.

[6] 戴维. 布莱姆斯顿. 产品材料工艺[M]. 北京: 中国青年出版社, 2010.
BRAMATON D. Material Thoughts[M]. Beijing: China Youth Publishing Group, 2010.

[7] DOORDAN D P. On Material[J]. Design Issues, 2003, 19(4): 3-8.

[8] 左恒峰. 设计中的材料感知觉[J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(1): 1-7.
ZUO Heng-feng. Sensory Perception of Materials in Design[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010, 32(1): 1-7.

[9] ASHBY M, JOHNSON K. Material and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design [M]. Amsterdam: Elsevier, 2010.

[10] 左恒峰. CMF: 从哪里来, 到哪里去?[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2020(1): 97-104.
ZUO Heng-feng. CMF: Where Do You Come from and Where Do You Go?[J]. Journal of Nanjing Arts Institute, 2020(1): 97-104.

[11] 何颂飞. “设计”的材料转向[J]. 美术观察, 2014(6): 24-25.
He Song-fei. Material Turn of “Design”[J]. Art Observation, 2014(6): 24-25.

[12] 安迪. 美感来自材料[J]. 装饰, 1988(2): 43-44.
AN Di. The Sense of Beauty from Material[J]. Zhuangshi, 1988(2): 43-44.

[13] 江湘芸. 产品造型设计材料的感觉特性[J]. 北京理工大学学报, 1999. 2.
JIANG Xiang-yun. The Perceptual Characteristics of Materials in Product Modeling Design[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 1999, 2.

[14] 吴国荣, 孟永刚. 产品设计中材料感觉特性的运用[J]. 包装工程, 2006(6): 310-312.
WU Guo-rong, MENG Yong-gang. Application of the Feeling Feature of Material in Product Design[J]. Packing Engineering, 2006(6): 310-312.

[15] 王岳. 材料在产品设计中的创新应用研究[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 68-71.
WANG Yue. The Innovative Application of Materials in Product Design[J]. Packing Engineering, 2015, 36(8): 68-71.

[16] 曾栋, 周砖, 程海峰, 等. 产品设计中的触觉体验研究[J]. 包装工程, 2020, 41(2): 134-141.
ZENG Dong, ZHOU Zhuan, CHENG Hai-feng, et al. Tactile Experience in Product Design[J]. Packing Engineering, 2020, 41(2): 134-141.

[17] 左恒峰, 严扬. 论 CMF 的主观体验: 材质[J]. 装饰, 2017(8): 118-121.
Zuo Hengfeng, YAN Yang. Discussion on Subjective Experience of CMF: Material Textures[J]. Zhuangshi, 2017(8): 118-121.

[18] KARANA E, PEDGLEY O, ROGNOLI V. Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design[M]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014.

[19] ROGNOLI V. A Broad Survey on Expressive-Sensorial Characterization of Materials for Design Education[J]. METU Journal of the Faculty of Architecture, 2010, 27(2): 287-300.

[20] FISHER T H. What We Touch, Touches Us: Materials, Affects, and Affordances[J]. Design Issues, 2004, 20(4): 20-31.

[21] KARANA E, HEKKERT P, KANDACHAR P. Materials Experience: Descriptive Categories in Material Appraisals [M]. Delft: Delft University of Technology Press, 2008.

[22] KARANA E, PEDGLEY O, ROGNOLI V. On Materials Experience[J]. Design Issues, 2015, 31(3): 16-27.

[23] DESMET P M A, HEKKERT P. Framework of Product Experience[J]. International Journal of Design, 2007, 1(1): 57-66.

[24] KARANA E, HEKKERT P, KANDACHAR P. A Tool for Meaning Driven Materials Selection[J]. Materials and Design, 2010, 31: 2932-2941.

[25] 辛向阳. 从用户体验到体验设计[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 60-67.
XIN Xiang-yang. From User Experience to Experience Design[J]. Packing Engineering, 2019, 40(8): 60-67.

[26] KARANA E, NIMKULRAR N, GIACCARDI E, et al. Alive. Active. Adaptive: Experiential Knowledge and Emerging Materials[J]. International Journal of Design, 2019, 2(13): 1-5.

[27] 胡飞, 姜明宇. 体验设计研究: 问题情境、学科逻辑与理论动向[J]. 包装工程, 2018, 39(20): 60-75.
HU Fei, JIANG Ming-yu. On Experience Design: Context of Problems, Logic of Disciplines and Trend of Theories[J]. Packing Engineering, 2018, 39(20): 60-75.