

【专题：复杂系统的认知科学与创新设计】

认知科学与设计研究

徐志磊，董占勋

(上海交通大学 设计学院，上海 200240)

摘要：**目的** 阐述设计师应如何看待认知科学。**方法** 结合高端重大装备设计领域的学识和经验，详细解读认知科学。**结论** 认知科学是人工智能的基础，设计师必须具备理解任务内容和解决问题的智慧，也就是“心智”，即人类学习、理解、产生决策的心智能力。人工智能尝试用计算来表达人的理解和心智。心智是认知过程产生结果的“集合”，因此设计师首先要懂得认知科学。

关键词：设计；认知科学；人工智能

中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2021)02-0001-04

DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.02.001

Cognitive Science and Design

XU Zhi-lei, DONG Zhan-xun

(School of Design, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT: The work aims to explain how designers should approach cognitive science. Combining the knowledge and experience in design of high-end major equipment, interpreted the cognitive science. Cognitive science is the foundation of AI. Designers must have the wisdom to understand the content of tasks and solve problems, that is, “mind”, which is the mental ability of humans to learn, understand, and make decisions. AI attempts to express people’s understanding and mind by computations. Mind is the “collection” of the results of the cognitive process, so designers must first understand the cognitive science.

KEY WORDS: design; cognitive science; AI

今天已经进入了数字经济的新时代。以数字为代表的计算机、互联网、物联网、大数据、云计算、CPS、工业物联网等产物，影响着人们生活的方方面面，可以说人已经“栖居”于数字世界之中。近年来，多种人工智能技术的涌现和爆发性发展令人惊奇，已经呈现了多种应用：越来越多的机器人参与到工业生产线上；自动驾驶汽车已经在路上行驶；社会系统的大数据应用效果明显；人脸识别和语言翻译得到了普遍应用。制造业系统的工业互联网已经开始构建和应用。在这样的新形势下，设计领域，特别是设计学专业的老师和学生们已经将人工智能技术应用于设计实践并取得了一定成绩，这是个很好的发展趋势。认知科

学是人工智能的基础，设计师只有系统化地从设计与认知科学的内在深层关系进行理解，才能为人工智能找到合适的应用场景。

1 设计师需要懂一点认知科学的缘由

20 世纪末，未来学家预言未来的科学技术领域将会聚焦于四个方面：纳米、信息、生物和认知。

到今天，这个预言已经被兑现了。纳米技术的发展使微芯片的线宽距离到达 5 nm 水平。微芯片成为现代人手一部智能手机的核心部件。信息技术革命波澜壮阔，计算机技术进化为计算科学，数字技术发展

收稿日期：2020-12-12

作者简介：徐志磊（1930—），男，上海人，上海交通大学设计学院访问讲席教授，中国工程物理研究院研究员，主要研究方向为机械设计。

通信作者：董占勋（1981—），男，黑龙江人，博士，上海交通大学设计学院副教授、博士生导师，主要研究方向为创新设计、交互设计。

成为数字经济,无处不在的4G、5G网络成为人们生活离不开的实际工具。生物科学和技术在DNA基因技术带动下,进入了分子生物学研究的领域。另外,神经生物学也有了重要进步。

40年前,人们对认知科学是一无所知的。1990年Francis Crick发现了DNA双螺旋结构,为人类的生理构造打开了非常重要的认知之门。随后神经生物学,以及人类的大脑意识、思维等问题开始逐渐进入学者们的研究领域。

大脑(生理)和心智是紧密连接的^[1]。认知科学即研究人的认知、意识、感知、体验与大脑结构功能等问题的学科,是研究心—脑相关性等复杂问题的学科。

面对21世纪以来新的科学技术发展的图景^[2-3],为了让设计师理解这样的广阔领域,从掌握数字化技术到熟练运用设计思维去寻找新的机遇,理解再理解,永远是设计师提高认知水平的必由之路。

2 认知科学的学科

认知科学是新时代交叉学科,需要融合心理学、语言学、哲学、神经科学、人类学和计算机科学/人工智能六个领域的学科,以心理学为主线。认知科学的演化始于1879年,德国心理学家冯特建立了世界上第一个心理学实验室,宣告了科学心理学的诞生。20世纪60年代,语言学家乔姆斯基、心理学家米勒和西蒙三位科学家先驱,为认知科学奠定了基础。1979年,Neisser提出了认知科学,这之后才确定了“认知科学”这门学科^[4]。

哲学教人观察宇宙和现实世界,追求人的终极认知;心理学结合神经科学和生理学的理解,通过人的物种感觉,分析人对外界刺激的反应并转化为自身的感知,进而去理解外部的现实世界,最终采用抽象的描述建立概念和理论;语言是人类基本的信息交流、知识的启发和记录、人类赖以生存和进化的主要基础,语言学是认知科学的主要学科;人类学以社群为基础,研究人类群体活动、人与人的关系、社会组织、人群文化,以及由群体组成的复杂系统特征;新的信息技术开发、计算科学、互联网大数据、人工智能有望用来研究人群链接交互的复杂系统,用算法模拟和探索,解决人与人的相关性问题。

认知科学的研究聚焦于人类对自身心智的理解^[5],即对心智的本质,心智与意识,认知、意识、心智的关系的理解。目前学者对认知科学感兴趣的问题有:大脑记忆、探索(短期记忆和长期记忆、记忆和情感等)、语言(对话、交流、知识的形成)、习得(学习、训练经验和推理)、因果认知。

科学的哲学研究对传统的科学提出了质疑。科学不是知识的线性积累,传统的归纳推理和演绎推理遇到了概念性的问题;科学受到社会、文化和科学家偏

好的巨大影响,这需从心智、感知人的内部世界和体验外部世界理解科学。

3 思维科学

运用概念,创造并使用概念之间的确定函数关系,并且把感觉经验同这些概念对应起来,再借助思维,全部的感觉就能够整理出秩序来。然而出现记忆现象,以及通过一个现象引起另外一个现象的,都不能称之为“思维”^[6]。

爱因斯坦曾说过,从自由联想(或做梦)到思维的过渡,都是由“概念”在其中所起的作用来表征的,概念绝不是一定要同通过感觉可以知觉的,或可以再现的符号(词)联系起来的,但是如果有了这样的联系,那么“思维”也就成为可以交流的了。

关于思维科学,恩格斯曾提出,科学有三大体系:自然科学体系、历史(社会)科学体系(其中包括人文科学)和思维科学体系。这样就把人的思维过程纳入了科学体系来考虑。

钱学森曾说过,思维科学的研究将孕育一场新的科学革命,它把人的知识、智力提高到前所未有的高度,这肯定又将是一场技术革命。他还提出,思维科学是研究人有意识思维规律的科学,可以称之为思维学。思维学又可以细分为抽象(逻辑)思维学、形象(直觉)思维学和顿悟(灵感)思维学。当把“思维”与“智能”联系起来时,就有了生物智能思维的演化。

非人生物只具备低级生物智能,而人类的高级智能系统的运行方式包括:(1)认识论的认知思维;(2)价值论的功利思维;(3)实践本体论思维;(4)诗性思维(直觉和想象);(5)创造性思维。其中,最后两条特别重要,与逻辑思维对应的形象思维(视觉意象的心理意象方式),结合成为创造性思维,是人类心智、想象力的特有智慧形式。爱因斯坦说,想象力比知识重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉。

思维科学强调人的思维活动,特别是形象思维和灵感思维。认知科学和思维科学有若干重叠,和人工智能的研究也有重叠。

思维科学与信息论、系统论、控制论、协同论、测不准原理和复杂性研究都有联系和区别。

4 何为现实?

公元前380年,柏拉图的洞穴寓言讲到,一群在洞穴内被铁链锁禁一生的囚徒,面对着单调的墙面,他们看到的是客体在其身后的火光投入到墙上的影子,他们给影子定了名字,影子是囚徒的“现实”。这解释了哲学家就像一个囚徒,当他们从洞穴中解放出来后,才会理解到墙上的影子根本不是“现实”。

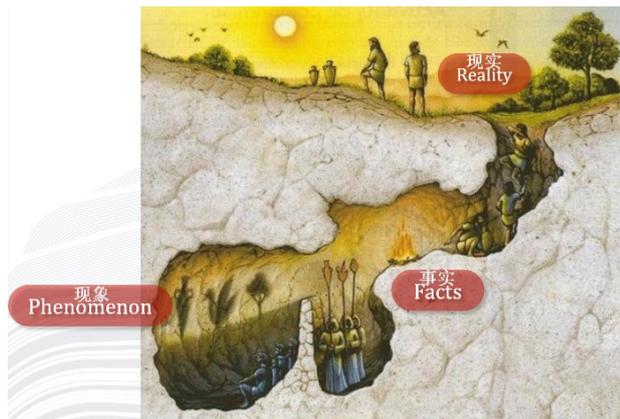


图 1 柏拉图洞穴寓言
Fig.1 Allegory of the Cave by Plato

如同火光照在洞穴的墙上，人类的状况永远受限于通过感官所获得的“现象”，如果无法摆脱这种现象，那么就如同囚徒不能解脱他们的锁链一样。若奇迹般地逃脱束缚，就会找到一个另外的世界，即远比普遍知道的较高级层次领域的地方。柏拉图洞穴寓言见图 1。

爱因斯坦还曾说过，人类是“宇宙”整体的一部分，这部分受限于时间和空间，人类体验自身，人类的思想和感觉只是些分离的某些东西，是一种意识的光学错觉。也就是说是在大脑心智中的镜像映像。在柏拉图洞穴寓言中，可以从 3 个层次理解“真实的自然”。

1) 现象。现象是在真实自然中与指定问题范围内，可以认知的事物和可以观察的事实，是通过感觉可知晓的客体或抽象化的分类，而不是思想和直觉。

2) 事实。维特根斯坦认为世界是所有事实的总和而非事物的总和；罗素认为事实是事实经过智慧审视的实事。“实事求是”说明了“实事”是需要“求”的，即证明的。

3) 现实。现实是真实自然的存在，是明确的时间、空间、事物和因情况所发生的毋庸置疑的真实事实。

5 人类知识产生的过程

人类从猿到人的进化历程可追溯到 350 万年前，200 万年之后出现了直立人，100 万年后出现了人类。人类是一种食肉和食草相结合的生物，脑量比古猿大 50%。人类能在环境中塑造自己的日常生活能力，能够制造工具。有几个因素促进人类产生了知识，使人类与其他非人动物产生了特殊的区别：一是脑量的发育，人类具有 950 cm³ 脑量，是黑猩猩的 3 倍；二是人类的直立使手脚分工，灵巧的双手手指可以进行劳力活动，学会制造工具；三是人类的咽喉部发育进化，具有全套的复杂声音信号系统。

语言系统的进化具有非凡的重大的意义。凭借语

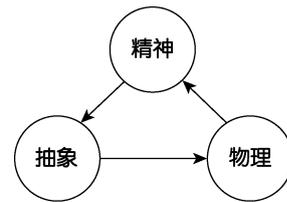


图 2 知识产生过程
Fig.2 Process of knowledge generation

言，晚期智人得以传递技术知识，人类知识得以产生，能够策划复杂的合作行动，例如考古证明公元前 5 万年，人类组织的迁移行动。凭借语言，还能表达抽象的思想和概念，并以绘画，线描，雕刻等形式展现其突如其来涌现的思想和感受。

知识产生过程见图 2。这是体会到人类的智力发展和其结构，形成的概念（抽象）方法。此方法在很大程度上取决于语言与思维和精神状态的联结。存在三个世界：（1）物理世界（空间、时间的现实及能量）；（2）精神世界（心智、意识）；（3）抽象世界（柏拉图式的数学）。三个不同世界相互作用：外在的物理世界和人类心智隐藏的精神世界（即是思维），精神的代理表达像一个桥梁，从物理世界返回到抽象领域。

5.1 物理世界的抽象

精神世界产生的知识，在经验和直觉中发现抽象的意义；物理世界的知识根据经验和逻辑发现理性意义。知识的产生是人类心智中的转化活动，在物理世界发展出了很多数学方法。例如特有的导数表达数学方程，能描述宇宙中多种基础处理过程，微分导数的理念在已经渗透到很多物理理论中，建立了简单却有力的抽象框架编码。又例如在经典力学场论中，麦克斯韦方程、量子力学、狭义和广义相对论，解释了宇宙星球的行动、物质和能量的转换、微观世界的量子行为，这一切多么令人惊讶！

现代的高性能计算机的发展，伴随着数学分析能力的提升，物理世界被编码成为了正式的数学表达式。人的心智在这里能多导向进入抽象世界，并巧妙地解码，代理宇宙的意识。

经典力学中，牛顿力学将现实域限制在三维欧几里得空间中的几个质量点内，用它们的位置和速度来描述。

经典电动力学，在现实领域中包含电荷和电流之间的相互作用，是牛顿力学的延展，成为了统一理论，描述所有的电磁现象，用矢量场计算电场和磁场的偏导。正规的科学认知即是人类进入数学宇宙的抽象世界。

5.2 精神世界的抽象

关于直觉，直觉是在无意识下，用经验法则将无意识提升到有意识的水平。直觉的潜意识智慧在于恰

当的环境选择和恰当的经验法则运用。

直觉思维的三种功能：(1) 知道自己（自我意识）、知道他人（读懂他人）、知道他人知道自己；

(2) 直觉的非理论思维，不需要文字、语言和逻辑，无意识的智慧可以选择另辟蹊径；(3) 聚焦的问题关注，引导人们认定目标进行跟踪。

直觉是一种知识动力学，直觉使科学创造和艺术创造完美地融合起来，是创造力的循环。

直觉思维关系到形象思维、顿悟思维和心智的想象力。想象力比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界上的一切，推动着进步，而且是知识进化的源泉。

人类心智具备三种功能。一是联想，有三种联想：(1) 因一事物而想起与之有关的事物；(2) 由某一概念引出其他相互概念；(3) 接近的时空联想。二是会意，即把两个或多个实物或事件结合起来，从它们的联系或配合上，表达出一个新的，通常是抽象的意义。三是表征，作为一种认知过程，即用一类事物代替或描述另一类事物，或称代理。非科学表征通常使用自然语言和图表展示，如文字和图像等。会意比形象优越得多，是对关系的最好表征，基于图的知识表示和存储能够更有序、有机地组织知识。现代的精神领域的知识的产生，发展出了知识图谱技术，通过图像结构化数据的关联性，推理、运算和挖掘隐藏关系，采用自然语言处理知识进行学习。

6 认知科学与人工智能

在知觉认知的过程中，人们把自我从世界中分化出来，建立起了自我和世界的常识图景。世界图景又被分解为科学世界和艺术世界。

在科学认知中，对建构的知觉表象的分析是具有意识和深思熟虑的，但客体还未被感知到（甚至不可能被感知到）。只有明晰客体与主体之间的区别，才能理解科学认知。

在科学认知中，人们只能用抽象、概念的设计，所有知觉经验的物理刺激都是不完全确定的，它们的含义和意义是通过先前经验的语法知识提供的。假设一演绎法是基本的科学方法，理论的主要假设，可以通过形式逻辑规则演绎出来。在知觉认识中，它是自发的，并且是潜意识的活动。科学认识是由跳跃、明确、有意识、理性构建、有目的的意识演化出来的。

西蒙找到了人的心理学过程与计算机处理之间的共性，认为智能就是一个基于符号的信息处理过程，并且是基于物理符号系统的假设，建立设想的信息处理模型。认知哲学家 Thagard 认为，认知科学的中心假设是对思维最恰当的理解。中心假设对心智的理解方式可被概括为：“心智的计算、表达、理解方法（Computational Representational Understanding of Mind，简称 CRUM）”。也就是说，心理表征就是计

算机数据结构，心智内心的“计算”程序就是算法，而思维过程就是运行程序。

认知科学是人工智能发展前期的科学纲领，现在人工智能的发展正朝着知识为基—数据驱动的方向发展，又向着认知为基的方向努力，但很难说一定会成功。

7 结语

通过分析获得以下结论：(1) 存在一个被规律支配的物理世界；(2) 生物世界是生命结构的体现；(3) 生命系统内部形成的心智，即认知的精神世界；(4) 存在一个抽象的理性王国。

人类心智能够进入抽象的世界，是对世界结构的映射，其中人类的意识是翻译者。设计是设计师对用户的理解和需求的有目的的表达、会意和构建。人工智能是当前最新、最好的技术手段和方法，可实现设计任务和目的。设计结果是“智能代理”的选择，设计是理解用户需求、择优选择“智能代理”的过程。人工智能向前发展的趋势，是从计算模拟物理世界到模拟人类心智世界的过程。用户和设计师的相互关系，正好需要两者“心智”的融合。有朝一日，机器也许会用计算来理解、表达和转化心智，代替人进行设计。设计师要训练自己，像人工智能那样思考，这就是“认知科学”对设计的巨大启示。

参考文献：

- [1] 欧文·拉兹洛. 系统哲学引论：一种当代思想的新范式[M]. 北京：商务印书馆，1998.
LÁSZLÓ E. Introduction to Systems Philosophy: toward a New Paradigm of Contemporary Thought[M]. Beijing: The Commercial Press, 1998.
- [2] 路甬祥. 论创新设计[M]. 北京：中国科学技术出版社，2017.
LU Yong-xiang. On Innovation Design[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2017.
- [3] 徐志磊. 谈智能系统与创新设计的概念问题[J]. 装饰，2016(11): 12-13.
XU Zhi-lei. Concepts on Smart System and Innovation Design[J]. Zhuangshi, 2016(11): 12-13.
- [4] 徐志磊. 设计工作的智能化[J]. 科技导报，2016, 34(9): 1.
XU Zhi-lei. Intelligent Design Work[J]. Science and Technology Review, 2016, 34(9): 1.
- [5] 魏屹东. 认知科学与哲学关系的历史审视[J]. 文史哲，2005(2): 134-140.
WEI Yi-dong. A Historical Survey of the Relationship between Cognitive Science and Philosophy[J]. Journal of Literature, History and Philosophy, 2005(2): 134-140.
- [6] 周德海. 论爱因斯坦的创造性思维[J]. 理论建设，2010(3): 5-13.
ZHOU De-hai. On Einstein's Creative Thinking[J]. Theory Construction, 2010(3): 5-13.