

doi: 10.15936/j.cnki.1008-3758.2015.05.002

基于分布式认知的工程创新主体创新过程研究

薛 孚, 陈红兵

(东北大学 科技哲学研究中心, 辽宁 沈阳 110819)

**摘 要:** 工程创新主体是创新活动的发起者,他是以组织为单位进行实践活动。分布式认知理论认为认知分布于参与者、工具、环境和文化之中,强调认知的在场性。基于分布式认知的特点将其作为理解工程创新主体实现创新过程的方法论,提出并论证了工程创新主体的分布式认知的可能性,工程创新主体的分布式认知具有创新目的性、组织交互性、全要素性、具身性、情境性等特征。探讨了工程创新主体在工程决策、设计、工程化、实施过程中分布式认知如何展开,从而尝试实现对工程创新发生过程的深入认识。

**关 键 词:** 工程创新主体; 创新过程; 分布式认知

**中图分类号:** N 031      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1008-3758(2015)05-0449-06

Research of Engineering Innovation Subjects' Innovation Process: Based on Distributed Cognition Theory

XUE Fu, CHEN Hong-bing

(Research Center for Philosophy of Science and Technology, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

**Abstract:** Engineering innovation subjects are the initiators of organization-based innovation activities. Distributed cognition theory holds that cognition is distributed in participants, tools, environment and culture, and it stresses the presence of cognition. Distributed cognition offers a methodology to understand how engineering innovation subjects achieve innovation. Moreover, it proposes and verifies the likelihood of engineering innovation subjects' distributed cognition, and analyzes its characteristics of innovation objective, organizational interaction, total factor, embodiment and situationality. The ways that engineering innovation subjects practice with distributed cognition in project decision-making, designing, engineering and construction process help to understand fully the process of project innovation.

**Key words:** engineering innovation subject; innovation process; distributed cognition

工程创新是创新研究中的重要领域,甚至可以说工程创新是创新活动的主战场<sup>[1]</sup>。工程创新主体是工程创新活动的发起者,因而探究主体的实践行为及其对工程创新活动的影响,对于理解

工程创新活动的机理、提高主体工程创新能力具有重要的意义。目前学界已经有关于创新主体的研究<sup>[2]</sup>及创新过程的研究<sup>[3]</sup>,但是尚欠缺对主体的认知在创新过程中具体作用方式的研究;而认

收稿日期: 2015-04-20  
基金项目: 国家社会科学基金资助项目(13BZX022)。  
作者简介: 薛 孚(1985-),女,辽宁辽阳人,东北大学博士研究生,主要从事技术哲学、工程哲学研究; 陈红兵(1966-),女,江苏泗阳人,东北大学教授,哲学博士,主要从事技术哲学研究。

知是主体实践的一部分,工程创新过程中包含着主体复杂的认知过程,探究工程主体认知方式有助于理解工程创新的发生过程。

由于工程创新活动是主体以个体为基本要素、以组织为单位展开的实践活动,因而工程主体的认知必然既包括个体认知,也包括作为创新团队、群体或创新组织意义上的认知。基于此,探究工程创新主体的认知既需要研究作为个体的主体认知,更需要研究作为群体的创新团队、创新组织意义上工程创新主体的认知。分布式认知是一个考虑到认知活动全貌的分析单元,强调在场的工具和环境等都参与认知,包括参与者、工具、环境和文化。在工程创新活动中,所有的工程一定是“在场”工程,分析创新过程离不开工程的在场特性。因此,分布式认知理论正为契合工程的在场特性提供了一个合理的方法论视角。本文将通过结合工程领域与认知领域的研究建立面向工程创新主体的分布式认知模型,并以此分析工程创新过程中主体是如何通过认知影响各阶段实践活动的,这对于分析工程创新发生过程与分布式认知理论来说都是一种新的尝试。

## 一、工程创新主体的创新活动 是一种分布式认知活动

工程创新主体的创新活动必然首先是一种认知活动。工程创新主体并非传统意义上主客二分中的主体,而是由个人参与的、以组织为单位实现共同目标的复杂的组织系统及其活动。这里的组织是活动中的行动者、参与者,构成工程创新主体的行动者,既可以理解为构成组织的个体,也可以理解为以基层组织为单位形成的更高层级的组织。工程创新是指在科学理论的指导下,集成技术要素与社会、经济、文化、政治、环境等要素,选择创新技术进行创新性工程规划和建构而生产具有创新性的工程人工物的实践活动,它是以创新者为主体而在“创新空间”中进行选择和建构活动<sup>[4][6]</sup>。创新活动是主体在已经具备的知识、信息基础上进行知识学习、融合、选择、权衡、创新、建构、生产的复杂集成过程,是不断地认知与实践的耦合过程。因而,工程创新主体的创新活动必然首先是一种认知活动,或者说认知活动贯彻于创新活动的始终。在认识工程创新主体的时候,认知作为主体实践活动的重要部分,是一个无法忽略的视

角。工程创新主体的认知是主体通过感知、识别工程情境,从中获取信息,学习相关知识,并利用原有的知识和经验来认识和解决创新问题的过程。

分布式认知是一个看待认知现象的系统化分析方法。它认为认知可以分布在个体内部、群体之间、社会文化、媒体甚至时间中;认知是一种包含多个主体、多种工具和多样技术,协调内部和外部表征,实现主体、对象、工具、环境等共同参与的动态信息加工系统。所以分布式认知的分析单元不是个体,而是以共同参与认知加工的各元素间的功能性关系为基础<sup>[5]</sup>,这种观点对实践具有重大的指导意义。分布式认知也存在于组织层面。哈钦斯在组织层面上作出试探性步骤来建立了一个框架,认为社会组织确实有能够被描述的认知结论,承认组织认知属性的存在。组织认知属性由个体内在结构与外在结构之间的交互作用产生。超越个体能力的认知任务的执行由分布式认知的社会组织所形成<sup>[6]</sup>。

传统认知理论专注于大脑内部的信息加工过程的研究,如感知、注意、记忆推理等,强调认知的内在性,并认为认知只是一种存在于大脑中的思维过程,不具有实在性,通过符号的感知、编码、转换和发送可以实现对世界的完全表征。杜威等学者提出了认知超越个体头脑的思想,打破了这种传统认知观,被认为是早期的分布式认知思想。随着认知科学及计算机技术的发展,传统的认知观已经无法全面地诠释认知现象,一些学者开始关注认知与环境、文化的关系,从强调个体认知转向观照认知活动全貌。如生态心理学家吉布森认为人的知觉应该以人与环境的交互关系为基础,为了描述生物与环境之间的互补性,提出了“可供性”概念,认为“个体知觉环境同时也在知觉自身”<sup>[7]</sup>。到了20世纪80年代中期,哈钦斯等人明确提出了分布式认知的概念,认为它是重新思考所有领域的认知现象的一种新的基本范式<sup>[8]</sup>,从此分布式认知理论被应用到各个领域。在分布式认知理论看来,认知不仅仅是个体内在的思维过程,环境对认知具有重要的作用,主体的认知活动是在场的,具有场依存性。

工程创新主体具有固有的认知习惯,表现为组织的共享心智模型,既包括组织规则、共享目标、创新信念等,也包括组织之间的知识共享与传播,基于这种习惯组织有其既定的选择和建构模式。基于这种模式主体认知存在于整个工程创新

过程,在不同阶段解决不同的具体问题。随着工程创新行动的展开,一个包括人和物行动者的行动者网络将脱颖而出,行动者就是构成这个网络的异质实体,是认知的合作与表征的融合。组织是作为一个行动者在创新实践活动中展开整体认知活动的,它通过有针对性地获取问题与环境的信息、恰当地对信息和知识进行处理以实现选择与建构的认知过程,进而影响新一轮的信息获取、知识处理过程。所以说研究工程创新活动需要研究组织意义上的工程创新主体的认知,主体的工程创新活动的组织性与情境性为分布式认知理论运用到工程创新主体认知活动提供了现实基础,分布式认知理论可以作为分析工程创新主体创新活动的有效理论工具。

从分布式认知的观点来看,工程创新中的主体认知不只是存在于个体的大脑之中,还存在于组织内部、组织与组织、组织与环境之中。实现工程创新目标,不仅需要主体和各种物质要素,更需要它们之间的关联及工程情境中的具身关联。对于阐释工程创新中主体与其他要素互动的具体模式,分析主体如何合理调动人财物进行选择与建构实现创新的过程,需要突破传统的“主客二分”的认识和“非此即彼”的惯性思维,将以组织为单位的工程创新主体的认知置入分布式认知框架,才能更全面地理解这种复杂关系。因此,笔者认为,工程创新主体的认知可以理解为一个分布式认知系统,即在工程目标的引导下,在工程条件的约束下,认知既在组织内部分布又在组织外部分布,认知分布于决策、设计、工程化、实施过程中每个工程阶段的主体内部,分布于不同主体间,分布于不同载体上。

## 二、工程创新主体的 分布式认知特征

工程创新主体的认知活动是工程创新的有机组成部分,工程创新主体的分布式认知特征依赖于工程创新活动。基于对工程创新主体创新活动中的认知特性的理解,笔者认为工程创新就是工程创新主体进行学习、选择、转化、联结和协同的建构,生成新的符合工程任务要求的综合的、系统的、整体性的流动性知识系统,并将其实体化形成创新人工物。工程创新主体的分布式认知特征可以基于如下维度解读。

### 1. 创新目的性

工程实践一开始就是有明确目标的<sup>[1]117</sup>,主体正是为了实现这种共同目标展开有目的的认知活动。工程创新中的主体认知同样是基于组织的共同目的、共同价值的,主体间以共享心智模型、集体信念、准则等为前提。组织中的个体(如工程师、管理人员和工人)是基于共同的目的进行实践活动,组织之间(如公司、设计院和施工单位等)的合作也是基于共同的创新目标实现的。所以说工程创新主体的分布式认知是以创新生成为目的,这种共同目的是驱动多组织参与的认知系统实现的前提和动力。

### 2. 组织交互性

在大范围协同创新、大工程的趋势下,现代工程创新活动往往是多组织协同参与,体现了分布式认知主体的多组织交互性。这种交互性一方面表现为,由于认知在时间上的分布不同,不同环节的认知任务由不同的组织来完成,组织之间通过信息和物质的传递完成创新目标。比如在决策环节是主要项目承接公司,在设计阶段是设计院,在工程化阶段可能是工程实验室,在实施环节可能是施工工程公司等,这些组织之间依靠方案、图纸、会议等方式传递信息和物质。另一方面表现为,由于认知在组织间分布,在同一环节中往往存在多个组织协同参与完成阶段性认知目标。如在工程化环节可能是公司与大学中的研究所共同实验,在实施环节可能是多家施工单位协同作业,这些组织之间需要不断地互动协调才能完成任务。

### 3. 全要素性

在工程创新活动中认知不只局限于人脑的范畴,还分布于个体、组织、各要素及环境之间,以身体、工具、资料、数据、图表等形式表征。主体认知需要结合多要素实现,任何要素都是重要的,并且任何内在的或者外在的孤立解释都是不成立的,因为它们不能单独地面对所遇到的问题,每一方面都不足以充分解决问题。所以工程创新活动的认知活动具有全要素性,需要综合各方面因素进行考量。

### 4. 具身性

具身性是指身体在人类的认知过程中发挥着至关重要的作用<sup>[9]</sup>。工程创新活动中主体是通过具体实践来完成创新目标的,因此身体经验在工程创新中扮演了重要角色。认知分布在身体与其他要素之中,这其中必然包含具身性的亲知,即工



程中身体对实在的认知性接触。个体主体的认知需要具身参与,通过亲身实践形成书面方案、图纸、手把手的传授等方式在个体与个体之间传递。

### 5. 情境性

主体通过参与实践使认知得以实现,并将主体性带入到人工物的建构中。只有通过一定情境下的操作,认知才能够开始,否则认知本身要么停留在物质层的假设中,要么停留在主体自身的思想中。工程具有“当时当地”的特性,任何工程活动都是在具体时间和具体空间中进行的实践活动<sup>[10]</sup>。工程创新活动也是如此,它是发生于特定的自然环境和社会环境中的。认知分布于这些具体的工程情境中,并随情境的变化作出相应的调整。由此,情境因素由工程创新活动的外部环境约束条件转化成具体工程技术活动主体的内在要素,在这些特定情境下认知具有针对当时当地的具体情境性。例如,工程系统的集成方式根据不同的创新需求各有不同,工程师需要将有关的各种线索、细节整合为一个综合体来加以判断,根据具体要求综合考虑技术及资金、市场、环境、人文等诸多要素,从而作出最佳选择;由于工程语境的多变性,特定技术嵌入工程系统的方式很难以一成不变的模式应对,需要根据经验具体情况具体分析;由于工程项目的需求不同,各模块之间的关系也是针对具体项目所处的情境形成的。

当代的工程创新项目大多数具有规模大、结构复杂的特点,这需要以多主体协同参与创新。这些主体形成认知系统,在这个系统中,资金、技术、设备与知识、图纸一样都是实现创新目标的认知力量。通过认知系统,模型的内在认知与外在文化在表征中耦合为一并实现了实体化。

## 三、分布式认知模式下工程创新主体的行动过程

工程创新主体的分布式认知贯穿创新活动始终,在对工程活动进行具体阶段划分时,鉴于不同类型的工程有不同的过程特点,根据客观条件、认知目的和习惯的不同,划分的方式可能不同,通常工程活动可按阶段划分为决策、设计、实施、使用等阶段。各阶段中起主导作用的主体也可能不同。同时工程创新是一个复杂的系统过程,它也包含在工程活动的范围内,它的阶段划分与工程项目的阶段划分相似但并不完全一致,而是存在

一定的交叉。工程创新过程是以创新需求为目标的,包括创新构想产生(决策)、创新选题提炼(设计)、关键技术攻关(技术创新、创新技术的工程化)、系列技术与其他要素集成(实施)等主要过程。在普通工程项目过程的基础上,工程创新过程中还存在一定的创新动态循环过程。基于此,结合工程活动过程,将新技术融入到工程整体中的关键步骤——工程化阶段——加入到创新过程中。本文提炼出创新发生过程的普遍规律作为分析依据,从工程创新的各个阶段分布展开,着重分析基于分布式认知的创新人工物的生成部分,包括主体决策环节、设计环节、工程化环节、实施集成环节等。

### 1. 基于分布式认知的决策环节

工程创新的决策环节是使工程具有创新性意义的重要环节,是由多主体共同参与的过程。主体的创新理念和目的都融于决策中。现代工程决策主体不是个体而是趋向组织化,由一个庞大的、密切合作的、由各种各样专家构成的各级集团发挥整体功能去完成,作出科学的工程决策<sup>[11]</sup>。正是由于这种组织化,认知分布于各主体之间,通过各主体之间的交互作用产生创新决策。

主体决策的分布式认知体现在决策是一个需要对多要素综合考量的过程。主体的认知分布在这些因素之中,需要考虑经济、社会、生态、资源、道德、美学多方面的因素。在这个过程中主体是在场的,可以有很多种选择。传统的观点认为决策是主体发挥主观能动性的结果,而分布式认知的模型认为,决策是突破了主客二分间隔的。一方面决策的产生是所有行动者共同作用的结果。这体现在工程创新决策的民主化趋势中,如以网络调查、公众投票、听证会等方式考虑用户的意见,使其参与到决策中来。另一方面决策的过程是应用多种方法多种工具多种要素共同作用的过程。这体现在决策过程由定性向定量分析发展的趋势中,如运用运筹学、数学建模法、计算机仿真技术等对数据、信息、指标等进行分析,使定性与定量分析相结合,以及考量选择更适合创新环境并且能与其他技术要素有效集成的新技术,而非一定要选择最新最有突破性的技术等。

值得注意的是由于工程创新主体的分布式认知的全要素性,决策是否成功取决于认知分布的程度,认知分布得越充分,越有利于创新的成功,相反如果认知分布不充分,某些要素没有参与到

认知中来将可能导致主体作出错误的决策,甚至造成创新的不合理或失败等后果。

## 2. 基于分布式认知的设计环节

工程创新的总设计环节是逻辑体系的建构阶段,整个工程的开展是基于这个环节的设计进行的。因此,很多学者将这一环节看做是工程的核心。设计环节注重整个系统构成部件的选择与建构,因此需要在众多的技术要素中进行选择与权衡。这个环节的主导主体多为项目发起方、设计院等组织。

设计环节是模型化的创新过程,是通过将产品需求、想法、理念等转化成工程模型的过程。在形成设计方案之前工程师们学习新知识,结合原有经验,通过分布式认知形成新的认知地图,运用

知识将想法形式的创新目标转化成概念化目标,以书面形式表达出来。依靠主体的创新思维将记忆留存的内部表征与外部表征融合,经过论证、选择将书面化的创新目标转化成创新思维模型。再通过多方面的考量形成书面化的设计方案,使某些新技术初步嵌套在工程当中形成具有创新性的工程设计。主体根据设计方案通过分布式认知进行综合评估,决定如何修改甚至更换,并将评估结果反馈给前面的设计。工程师依据反馈意见进行修改,再次提交设计方案。通过几轮循环,最终形成顶层设计方案。这个过程是将工程师们头脑中的建构经过反复沟通与论证形成方案、图纸,把计划完成的创新目标具体化的过程。具体的基于认知的设计阶段解读如图 1 所示。

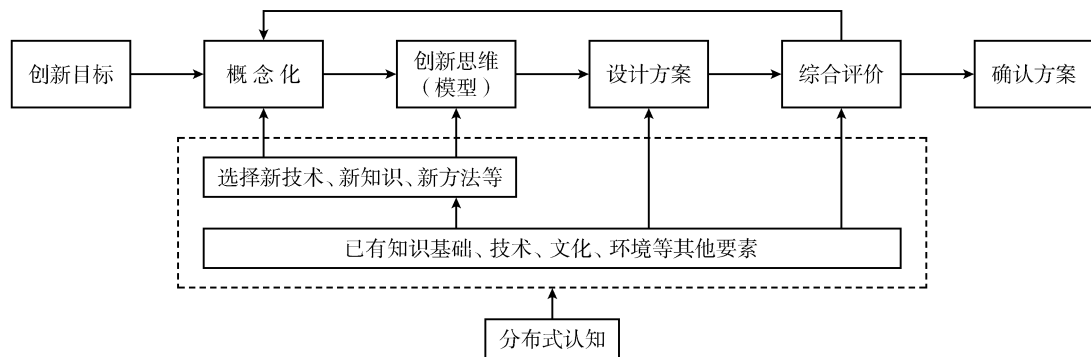


图 1 基于分布式认知的设计过程

在设计阶段,主体认知分布在整个设计过程中,包括创新目标概念化、建立创新模型、讨论设计方案、进行综合评价、确认最终方案等步骤。其认知分布表现为,首先,认知分布在设计前期的勘察上,依靠工程立项、勘察、考察、学习有一个初步的认识。其次,认知分布在对新技术、新知识上,决定选择,在这个阶段以知识的选择与建构为主,要在多内容、多形式的知识中选择。创新体现在选择与建构上的创新。相同的功能可以选择不同的结构来实现,可以有多种可供选择的方案。再次,认知分布在测量和图示、计算机软件上,模型得以成为图纸等可以流通的明言知识。这是主体遵循认知过程逻辑将各种知识、信息依照创新目标形成书面方案的过程。如建设工程项目,经工程招标、投标等筛选后,形成书面方案。最后,认知分布在组织成员、组织与组织之间,以及会议、言语上。整个设计过程就是对设计方案进行设计、评价、论证、再调整的过程。最终设计方案将转到工程化阶段加以具体的研究和实施。

## 3. 基于分布式认知的工程化环节

工程化环节是主体将创新技术嵌套入工程系统中的环节。工程创新需要技术要素与非技术要素的集成,其中技术要素需要依据当时当地的情境,适应工程的具体情况。大部分的工程创新中需要集成创新性技术,将技术模块化作为工程的一个子集。这促使主体根据工程顶层设计方案,研究如何将具体的新技术加工使其符合工程情境需要,以便最终集成工程系统。这也可以理解为工程创新的研发环节。与技术发明不同的是,此环节侧重的是新技术的嵌套而不是新技术的产生。在完整的创新过程中“工程化”是其中的关键环节,一项创新只有经过“工程化”环节,付诸工程活动,才能成为实实在在的产品或工艺<sup>[4]49</sup>。此阶段的主体具体表现为公司的研发部门、工程研究院等。如今在国内外兴起的工程实验室就是工程化环节的有效实现组织。

此环节认知的侧重点从集成建构的工程方案转移到模块化的科学技术的工程化,将其逐一实

体化,使新的技术在这个环节形成模块化的实体,最终嵌入到整体的工程人工物中。主体的行动以工程的总设计方案为选择依据,总的设计方案递归到具体的模块之中,在模块中进行具体的技术模块的设计、研发。将设计方案具体化模块化地解决,这个过程势必产生新的知识,工程技术知识的创新在这一环节爆发。

认知分布在新知识的使用与生成上。主体的认知过程,是一个将知识集成、分化、再集成的过程。在技术模块的设计过程中,经逐层分析和建构,每一个模块的核心设计思想得以形成。进一步通过研发活动产生适合创新目标的模块化实体与模块化知识。这是一个复杂的学习、融合、建构、生产的集成过程,是创新主体将工程知识实体化的转折点。

认知分布在新技术上,一种情况是新技术作为整个工程的技术前提存在,另一种情况是作为工程创新所需要突破的技术难点存在。从工程本体论出发,技术发明将作为整个工程创新活动的模块,最终嵌套入整个系统之中。这个模块有可能是新的技术研发,也有可能是原有技术新的集成方式,或者是新的解决方案。

认知分布在实验室的仪器等工具中,在工程化实验室中,使用各种实验仪器,将技术与工程结合,真正实现技术的工程化。

#### 4. 基于分布式认知的实施环节

工程创新的实施、运行环节是工程创新的实体建构阶段,需要多主体的协同参与,将研发阶段的技术模块实体按照设计方案有机集成起来。通过技术模块的嵌入,使技术模块和其他要素实现了语境化、集成化。

认知分布在施工现场的情境中。不同创新项目施工现场的情境是不同的,在施工中需要根据现场具体情况制定有针对性的施工方案。主体通过认知在情境中的分布生成创新性的施工方法以应对具体的施工问题。如钱塘江大桥的施工中依据当时当地的具体情境,产生了射水法、气压沉箱法、浮运法、伸臂法等工程施工方法创新。正如茅以升所述:“本桥施工,以利用大地自然力为第一要义。所筹工具及设备,皆因地因时,控制辅导此伟大之自然力,供我驱使而已。”<sup>[12]</sup>可见认知在施工工具中的分布也是依据具体的工程情境。

认知分布在技术模块与整体工程中,将模块

集成起来,在工程中呈关联性、兼容性和完整性,形成具体的人工物。主体基于分布式认知进行模块集成、具体操作实施、调试等等行动。如果是关于消费产品的工程创新,此阶段是新技术发明的市场化,真正能使技术发现应用到实践当中,除了技术集成还需要市场化活动。在此过程中技术需要适应工程,为了适应新的要素,需要有与之相配合的实施方案。在方案的实施中,随着认知的情境性深入,不断调整技术模块的集成方案,最终建造出工程创新实体。

综上所述,通过分布式认知理论分析主体的工程创新决策、设计、工程化、实施等环节是一种可行性的分析方式。其理论意义是,这种分析方式从认知视角打开了主体在整个创新过程中的实践方式,体现了认知分布的重要意义。其现实意义是,主体在进行创新活动的时候,可以通过促进认知分布来提高创新生成。当然主体在工程创新中的实践方式是复杂的,对于其他作用方式的研究将成为后续进一步深入研究的方向。

#### 参考文献:

- [1] 殷瑞钰,汪应洛,李伯聪,等. 工程哲学[M]. 北京:高等教育出版社,2013:185.
- [2] 张冀新. 国家高新区创新主体结构及运行机理研究[J]. 经济体制改革,2013(1):93-97.
- [3] 涂振洲,顾新. 基于知识流动的产学研协同创新过程研究[J]. 科学学研究,2013(9):1381-1390.
- [4] 李伯聪. 工程创新:突破壁垒和躲避陷阱[M]. 杭州:浙江大学出版社,2010.
- [5] Cole M, Engestrom Y. A Cultural-historical Approach to Distributed Cognition [M] // Salomon G. Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations. New York: Cambridge University Press, 1993:11-19.
- [6] 哈钦斯 E. 荒野中的认知[M]. 于小涵,严密,译. 杭州:浙江大学出版社,2010:197.
- [7] Gibson J J. The Ecological Approach to Visual Perception [M]. London:Lawrence Erlbaum, 1986:127.
- [8] Hutchins E. Cognition in the Wild[M]. Cambridge: MIT Press, 1995:xii.
- [9] 何静. 具身认知研究的三种进路[J]. 华东师范大学学报:哲学社会科学版,2014(6):53.
- [10] 李伯聪. 关于工程和工程创新的几个理论问题[J]. 北方论丛,2008(2):105.
- [11] 徐长山. 工程十论——关于工程的哲学探讨[M]. 成都:西南交通大学出版社,2010:23.
- [12] 茅以升. 茅以升科技文选[M]. 北京:中国铁道出版社,1995:33.

(责任编辑:李新根)