

作为技术性科学的脑科学

肖 峰^{1,2}

(1. 江西师范大学 马克思主义学院 南昌 330022;

2. 华南理工大学 哲学与科技高等研究所 广州 510641)

摘要: 脑科学作为一种“技术性科学”,它在脑研究上能走多远很大程度取决于相关的脑技术能走多远。脑科学追求的认识脑、保护脑、开发脑的目标,集中地体现为借助先进技术所进行的观察脑、改善脑、模拟脑和制造脑的活动中,这些活动也展现了脑技术对脑的解蔽与遮蔽、治疗与增强、技术可能与人文限度、自然进化与人工建构之间的哲学关系问题,从而为技术哲学的探新提供了新的平台。

关键词: 脑; 脑科学; 脑技术; 技术性科学; 技术哲学

中图分类号: N031 **文献标识码:** A

DOI:10.19484/j.cnki.1000-8934.2020.10.021

脑是科学研究最复杂的对象和最前沿的领域之一,以脑为研究对象的脑科学旨在揭示大脑认知(思维、意识)的神经基础及原理和机制,并运用这样的成果来展开医治脑部疾患、进行类脑的智能设计(类脑计算系统)、开发脑的潜能、创造人工脑等服务于人类的活动。

现代脑科学的一个重要特点,就是须臾离不开技术,它已成为一种以脑为对象的技术活动,对脑的科学研究很大程度上成为借助各种仪器和装置进行观察脑、改善脑、模拟脑和制造脑的技术过程。可以说,脑科学是典型的“技术性科学”,其中的许多问题很大程度上就是脑技术问题;脑科学的进步从基底上要取决于脑技术的开发;脑技术能走多远,脑科学就能走多远。技术介入脑科学越深,脑也随之日趋成为一种技术化的存在,从而不可避免地要引起我们对于脑科学中的技术哲学问题的思考。

一、观察脑: 技术化显现对脑的解蔽与遮蔽问题

如果说科学起于观察,那么脑科学也应该起于对脑的观察。但真正的脑存在头颅之内,不能被我们所直接观察。直接观察只能看到脑的外部保护

组织即头颅。兴盛于18世纪的颅相学就是这样的直接观察,它将26块不同颅骨与不同认知功能(包括性格特征)建立起相互对应关系,后来被证明是伪科学。对颅内之脑的观察目前只能通过技术才能实现。虽然医生在开颅手术中或对死者的脑解剖中可以直接观察到脑,但那都不是“工作中的脑”或“正常活动状态中的脑”,而是麻醉状态中或死亡后的脑。要了解“活生生”的脑,必须依靠技术进行“间接的观察”,才使得人类对脑的认识从思辨猜测走向实证研究,从想象走向科学。

脑观察技术是最重要和基本的脑技术,这种技术近几十年来不断更新乃至革命;目前能够观察到脑的内部状况的技术有:脑电图、脑磁图、脑成像(如fMRI、CT、PET、MRI等),以及通过电刺激而激发脑内信息的技术(如经颅直流电刺激、电极阵列采集与刺激装置、深部脑刺激术等),其中“使用磁共振影像学来得到精确的脑结构图像和提供脑区的功能图已经导致了认知神经科学领域的革命性变革。”⁽¹⁾¹³³目前已能利用脑成像技术建立动物全脑的图像,还能利用数字技术建立超高分辨率的3D人脑数字模型。正在不断提高精确度的脑观察技术迄今有十多种,随着其成熟和应用,我们可以越来越清楚地“看到”脑,越来越精准地了解人脑在进行思维认知时的活动状况,“脑科学家终于将研究

收稿日期: 2020-6-6

作者简介: 肖峰(1956—),重庆人,哲学博士,江西师范大学马克思主义学院和华南理工大学哲学与科技高等研究所教授、博士生导师,主要研究方向: 信息技术哲学。

领域推进到大脑的内部进行直接研究……直接观察大脑的结构、变化活动过程及其机制原理”⁽²⁾¹³。

严格地说,这种“直接观察”并不是“原生态”的大脑直接呈现在我们面前,而是以某种技术化信息的方式(影像、图形如脑电波、信号或模型等)呈现给我们,从本质上我们进行的仍是“间接观察”,我们所观察到的是被人工信息化后的脑。观察技术在这里成为重要的工具和中介,它使得作为自然实在的脑成为技术显现中的脑,由此提出的技术哲学问题是:技术化显现出来的脑与实在的脑之间是什么关系?前者能否反映出后者的全部信息?

脑观察技术作为一类认识技术或信息技术,也具有一般技术的哲学属性,这就是海德格尔所说的技术对于对象的“解蔽”和“遮蔽”的双重效应。当技术使物理实在的脑转化为信息形态的脑时,这种技术性的转化总是展现和遮盖的集合。

就展现和解蔽来说,通过影像活体大脑的工具,人类“打开”了头颅所围构的“黑箱”,内在的脑通过技术被外在地展现出来,使得我们可以探测到颅内的活动中的脑,人对脑的科学认识由此成为可能。技术还能激发脑的某种特殊状态,通过专门条件的设置来定向地“挖掘”脑活动的某些特性,这就是基于技术的科学实验所具有的认识论功能。

我们也可以逆向地看到技术对于脑观察的必要性,那就是即使活生生的脑直接暴露于我们眼前,如果没有技术辅助的显示、记录、符号可视化的转换等,我们可能也观察不到什么实质性的内容(如脑活动与认知的关联机制等),因为我们不是“完美的观察者”,无法同时跟踪几百亿个神经元并每秒采样1000次,也无法观察神经元核团之间随时变化的相互作用,包括几千亿次的神经联结。⁽¹⁾¹⁰⁴只有采用技术手段才能去描绘复杂而庞大的大脑回路,才能刻画神经系统如何整合这些回路,才能详细记录脑中细胞的联结状况,显示出神经元协同工作的机理……就是说,脑观察技术可以将脑活动的不同侧面或脑结构的不同状况以多种方式加以记录并可视化地呈现给我们,从而具有了对神秘的脑的“解蔽”功能。

同时,技术化显现对脑也有遮蔽作用,这就是每一种技术只让我们“看到”脑的某一方面,而另外的方面则得不到呈现,这就是技术的专门性所决定的,我们只能观察和认识脑的局部性。如功能核磁成像可以展现活体的脑在进行某一认知活动时脑

中基于电活动的血流信号,从而观察到特定脑区是否兴奋以及兴奋的程度,由此来判断该脑区是否参与到某种脑功能,但这种技术显现并不能使我们观察到活动的内容是什么。此外,不同的脑观察技术还各有长短,也形成对脑既有解蔽也有遮蔽的效果,如脑成像技术提供给我们很高的空间分辨率,但所提供的时间分辨率则很低,而脑电图相反,给我们提供了脑的很高的时间分辨率,而空间分辨率则很低⁽¹⁾¹⁰⁹,此时需要我们“互补”地使用多种脑观察技术去尽量减少遮蔽。

当我们只能通过技术化显现来把握人脑时,我们所观察到的只是技术和脑相互作用的结果,那么脑的观察技术是联结我们和脑之间的桥梁还是隔绝的屏障?

对此,我们一是要秉持对脑的可知信念。即使有技术介入的脑观察会有“测不准”的问题,也和微观粒子的“测不准”有本质的区别,因为脑的实在性是不容质疑的,它的空间尺度也属于人的可观察范围。而且,随着脑观察技术的不断发展,随着时空分辨率的不断提高,我们在已经建立了动物全脑图像的基础上,正在利用连接组技术、各种成像技术及电生理技术,力求“在宏观、介观及微观尺度上建立动物脑和人脑内脑区、神经元群或神经元之间的连接图;在分子层次上有所不同的各种神经元类型正被一一确认”⁽³⁾¹⁸,最终还将描绘出人类大脑的所有神经连接。由技术参与的脑观察的总体趋向,就是随着技术精度的提高,技术互补与融合的增强,我们对脑的解蔽就越多,脑的透明度就越高。

二是要看到脑的不可穷尽性。即使借助更先进的脑观察技术完成了“全脑图谱”的制作,也不意味实现了对脑的详尽无遗的认识;即使有共性的脑图谱,个性的脑图谱也是一个无法穷尽的问题,所以技术化显现的脑观察使脑从“黑箱”转化为“白箱”的过程是无穷的。脑就是世界,世界的无限性也会镜像化为脑的无限性。甚至,即使“原生态”的或生理意义上的脑得到了近乎详尽无遗的认识,也难以转化为对心的理解。作为观察脑的“读脑”与“读心”之间存在更为复杂的关系,脑状态如何转化为一种心灵状态仍是难以突破的“困难问题”。由此,是否可以技术性地撇开心脑关系的本体论问题而专注于脑功效的认识论问题,进而从技术哲学的维度暂时迈过意识经验与大脑物理状态之间的“无法逾越的解释鸿沟”,成为由脑的技术化显现可能

引申出来的需要进一步探讨的哲学问题。

二、改善脑:从脑治疗到脑增强的技术伦理问题

认识世界是为了更好地改造世界。观察和认识脑是为改善脑、模拟和制造脑的实践服务,而这些以脑为对象的实践,也无疑不是依靠技术而进行的,其中与人健康生存最直接相关的,就是技术性地改善脑:使有病患的脑得以医治,成为正常的、健康的脑,这就是以保护脑为旨归的“脑治疗”。

目前脑疾病是影响人类健康的主要原因之一,而对许多脑部疾病(如自闭、抑郁、阿尔茨海默症等)的致病机理还未完全了解,所以能进行有效治疗的手段还极为有限。这表明了改善脑和认识脑之间的紧密相关性,这种紧密相关性甚至表现为有的技术既是脑观察(探测)技术,同时也是脑治疗技术。如深部电极针就是如此,脑中插入它可以精准记录和测量脑磁信号,通过它来对脑中特定脑区甚至神经元的激活或抑制,可以发现它们与另外脑区的连接及其功能,从而理解特定的神经和认知的相关性机理。这样的深部刺激也可用于治疗癫痫等神经和精神疾患,但由于有创伤,目前还只能在非用不可时才会采用。由于技术水平的限制,目前对脑的技术治疗还面临因创伤而带来的风险、因效果的不确定性而带来的副作用等,所以为医治或改善脑而进行的脑部技术操作还必须慎之又慎。

脑作为最复杂的生物器官具有最深奥的工作机理,使得相关的医治所带来的多种可能后果往往难以意料,导致了一些新的技术伦理或医学伦理问题。如一个名为杰瑞的65岁男性帕金森病患者,在使用深部电刺激治疗(安装大脑起搏器)后,他的僵硬和震颤取得了很好的治疗效果,但却导致了其他不正常的人格和行为特征,从先前的行为有障碍变得精力过于旺盛,包括性需求变得过度亢奋,而先前他并没有这些征象。后因频繁招妓等而影响家庭和睦,直到被控与未成年人发生性关系,以至患者的家庭最后破裂。由于确定是他接受的深部脑刺激导致了性欲亢进,最后不得不关闭脑中的刺激装置。虽然不再有性欲亢奋了,但的僵硬和震颤又回来了,变得卧床不起,需要女儿照顾。^[4]后来还发现类似的脑治疗还可能引起肥胖和代谢紊乱等

问题。当然更深层的问题还在于人格同一性问题,一些经过深部脑刺激的病人对自己产生了陌生感和疏离感,变得不再喜欢自己,甚至丧失生活目标与生存活力。^[5]这种自我认同的改变往往是不可逆的、永久性的,其后果更令人担忧,因为它是对人之为我、我之为我的人文根基的某种动摇。

为改善脑而进行的脑治疗中,作为治疗手段的技术如果需要介入和嵌入到脑中,就是作为“异物”进入到脑中,有可能产生意想不到的副作用,这也是任何医疗技术在医治人身疾病时所面临的问题,即任何技术被用来为人类服务时都会面临“双重效应”,此时考量的重点无疑是利弊之间的权衡以及患者的自主选择,还有“优后标准”等。

更为复杂的问题是,通过技术而进行的脑治疗还可能与脑增强相互交织、界限模糊。随着技术水平的提高,如果开发了可以治疗记忆减退的技术,这种技术就可能也是提高与增强记忆的技术。其他方面的脑治疗也有会有类似的脑增强效果。如植入专门的芯片可以让瘫痪的人控制计算机和义肢,恢复脑支配行为的能力,起到治疗的作用;但同样是芯片植入,也可以用来增强大脑的功能,通过芯片所携带的知识与能力被整合到人脑之中而使脑功能得到质的提升。由此难免会进一步衍生出脱离脑治疗的专门用于脑增强的技术,以满足一部分人想获得超强智能乃至成为“超人”的追求,而这正是技术伦理和生命伦理所坚决反对的。

目前在动物身上已从多种技术路径开展了脑增强实验,包括通过基因工程培育出更加聪明的老鼠,通过某种合适的蛋白质注入来提升动物的智能,通过颅磁刺激大脑适当的部位来提升认知处理的速度和敏捷,使得动物的潜在智力得到提升。

动物脑增强实验的目的无疑是人脑的增强。人脑的技术性增强也可以有多种方式,一是脑内的技术化增强,即在脑内实现脑机融合而增强脑,它是一项被寄予厚望的脑增强技术。二是脑外的技术化增强,即通过脑的技术延展所形成的“外脑”(如书本、手机、网络等)来实现这一目的,目前从“脑联网”(互联脑)到“脑-云结合”再到“全球脑”,就是通过网络延展的方式增强人脑。当然,最具实质意义的还是脑内的技术化增强。

脑增强技术和其他增强技术一样,由于不是出于治疗的必要且风险巨大,以及可想象的伦理问题和社会问题(如新的智能鸿沟)纷繁复杂,所以迄今

仍是列为禁区的技术领域。但如果永远禁绝脑增强技术的研发,是否意味着人脑的智力就永远不可能获得实质性的提高?一般认为人脑的潜能远未充分开发,所使用的脑能力不足10%,那么其余部分如何才能开发出来呢?显然仅靠人文手段是不够的,因为我们千百年一直使用的就是人文手段,所以还必须借助技术才可能有所突破。而一旦借助技术手段来开发脑的潜能,就很可能与脑增强技术别无二致。而且,即使人脑的潜能得到了百分之百的开发,如果没有更广义的脑增强技术也是极为有限的。而一旦使用这样的技术,就会受到伦理的质疑和限制。于是我们可能面临悖论性的选择:允许技术化开发和增强人脑,就会面临安全风险和伦理反对;而不允许则可能使人脑的智力水平永远停留在“自然状态”的水平上,至多通过“思维方法训练”来进行极为有限的改善,而“人脑”能力的质的飞跃则永远不会发生。

这也是“技术奇迹”可发生的范围问题。自从工具、蒸汽机、计算机等技术被发明以来,我们看到外部世界被技术所改变达到了“天翻地覆”的程度,到处都发生着技术奇迹,但这种奇迹却一直未能在人脑中发生,这一方面是脑伦理的严格限制所使然,另一方面也是安全高效的脑操作技术的滞后性所决定。一旦可靠精准有效的脑增强技术产生之后,我们是否允许自己的大脑发生技术奇迹,无疑是需要认真思考的问题。

三、模拟脑:人工智能的技术可能与人文限度问题

脑科学的一个重要方面是基于脑功能的智能模拟,也就是在人工装置(计算机)上进行脑的模拟,这更是一项纯技术活动。目前基于脑设计的人工智能,或联结主义范式的人工神经网络进路,也称类脑智能技术,就是主导性的模拟脑的工作原理以形成智能的AI技术。从另一个角度来说,现代计算机及人工智能的发展就是由“模仿大脑”所驱动,“电脑”就是简化在电子计算机上部分人脑功能的模拟。2013年开启的欧盟“人脑计划”(Human Brain Project, HBP),其目标是整合已有的神经科学数据和知识,在超级计算机上模拟人脑,以此来达到对大脑新的理解、找到脑疾病的新治疗方案和

新的类脑计算技术。

以计算机为手段通过编程的方式进行的脑模拟,为的是能够重现被模拟系统的一些外在表现,即要在计算机上表现出脑的智能行为,所以主要是一种软件模拟而非硬件仿真(联结主义对人脑的模拟实质上也是对脑结构或神经联结的一种数学抽象的建模,而非硬件意义上对脑的复制,“人工神经网络”无非是一个抽象的脑结构的数学模型),所企求的是要取得与人脑相似的认识论效果,而非获得与人脑相同的本体论地位。这也是目前的人工智能所具备的职能:在一个硬件上,有别于人脑的技术装置上通过软件的设计来实现人脑的智能现象,所以脑模拟甚至就是智能模拟。

人工智能对脑的模拟就是要尽可能多地模拟作为原型的人脑。目前的AI只是进行大脑部分功能的模拟,而功能越来越强的AI系统可以越来越全面地模拟人脑的智能,那么在将来对整个大脑进行模拟的技术可能性是否存在?

牛津大学哲学教授山德伯格(Anders Sandberg)分析到:虽然大脑的复杂性可能很高,但对复杂对象(如对基因组、蛋白质)进行成功扫描和模拟的先例表明,全脑模拟(WBE: Whole brain emulation)的技术可能性是存在的。全脑模拟的基本思想是取一个特定的大脑,对其结构进行详细的扫描,然后构建一个软件模型,这个软件模型非常忠实于原始的大脑,当在适当的硬件上运行时,它的行为基本上与原始的大脑相同。全脑模拟在方法论上是功能主义,因为它假设通过复制大脑的功能关系,相关的属性就会被复制,或者在执行过程中产生。全脑模拟建基于假设大脑活动在很大程度上是可以计算的。目前由于计算能力的限制还不能实现全脑模拟。但鉴于目前的神经科学和技术知识,似乎不存在任何根本性的障碍,一旦计算能力和相关的工程问题得以解决,全脑模拟就可以实现。⁽⁶⁾

全脑模拟也是一个各方面合作的计划,在脑科学家顾凡及看来,实验科学家和信息学家将从微观直到宏观的各个层次上搜集脑结构和功能的数据;理论家则提出脑的概念模型,开发可进行跨层次研究的数学工具;建模和仿真专家开发新的软件,用其将所有的脑研究数据、知识和理论整合起来,再通过各种数据挖掘技术和高性能计算,实现在多个尺度上建立仿真的脑模型,从基因、分子、细胞直至人脑的认知和行为的种种细节都联系起来。⁽³⁾

这样一种追求所面临的技术哲学问题,主要是技术可能与人文限度之间的对接与协调问题,以及人与人工智能之间的权责分工问题。目前的智能模拟还处于只能模拟部分智能的“弱人工智能”阶段,还不能在“通用”的意义上实现功能上的全脑模拟。然而,即使在技术上可以实现通用人工智能或全脑模拟,是否可以不加任何限制地任其实现?

通用人工智能一旦实现,在其基础上还可能走向远超于人的强人工智能,以至于出现库兹韦尔所说的“奇点”:人工智能可能反过来统治人,这无疑是人所不愿意看到的结局。所以模拟脑的技术活动,最终还是技术与人的关系问题,即对脑模拟技术设置人文限度:人要维持自己对于所创造的技术的主导地位,避免被脑模拟技术所“异化”,人机或人技和谐的问题就上升为首要问题,在这里,我们将面临泰勒律令(凡是技术上能做到的都把它做出来)和邦格律令(人应该只设计和实施对人类有利的技术)之间的选择。

机器实现了脑的功能模拟后,还需要处理好人机之间的权责分工问题,尤其是各自如何“扬长避短”,人只让自己所充当的手段功能被机器取代,而保持自己“主人”地位不受影响,使人的主体性、自由性、创造性不被机器所替代,使“人之为人”、“机之为机”的社会分界得以维护,无疑将是脑模拟技术达到高水平后需要认真对待和处理的问题。

四、制造脑:脑的自然进化与技术建构的区别与互渗问题

模拟脑一定意义上也是制造脑,但更广义的制造脑,不仅是在计算机上模拟脑的功能,而是用更多样的技术制造出“人工脑”。或者说,如果不仅在软件上模拟人脑的功能,而且在硬件上模拟脑的组织 and 构造(包括从模拟神经元到神经环路乃至整个大脑),甚至主张这样的人工大脑必须以例如硅来建造⁽⁷⁾,形成结构和功能都类似于脑(特别是人脑)的系统,就是人工脑或“制造脑”的技术活动,也称为“仿神经结构工程”⁽⁸⁾。

仿神经结构工程并不神秘,人工视网膜和人工耳蜗就是其医学上的应用。目前,这一技术正以硅神经元、人工突触、人工皮层(如人工海马、人工小脑等)、仿神经结构芯片、可进化硬件等多种技术推

进,也以IBM的“真北”(True North)系统、曼彻斯特大学的“脉冲发放神经网络构筑”(SpiNNaker)等项目展开,其中的人工脑系统中的神经元数甚至已经达到了百万级或以上。这一类技术可称之为机器或信息科技进路。另一种是生物进路的人工脑,如通过干细胞培育起来的脑,或克隆脑,前者通过生物器官“在培养皿中被诱导成为能够长成任何细胞的多能干细胞,又进而通过干细胞诱导技术使其成为脑细胞,同时造出神经元和胶质细胞”⁽⁹⁾。此外,还有信息科技与生物科技相融合的类脑研究,它是以“人造超级大脑”为目标,“通过脑机交互,将计算与生命体融合,构建以虚拟脑与生物脑为物质基础的脑机一体化的超级大脑”⁽¹⁰⁾。目前的技术已能做到按需培育人类和动物的大脑皮层组织,还可以与数字芯片直接衔接来对机器行为实施控制。人工脑目前还停留在动物实验阶段,并由瑞士脑科学家马克拉姆的蓝脑计划(Blue Brain Project, BBP)于2015年宣告实现,它仿真了幼鼠体感皮层中相当于一个功能柱组织的一块 $1/3\text{ mm}^3$ 大小的组织,作为建造出人工鼠脑的基本构建,并在此基础上以期建造出人工人脑。由蓝脑计划升级而来的欧盟人脑计划原定2023年造出人工人脑,但多年来无实质性进展,仍停留在人工鼠脑的概念水平。虽然真正建造出人工人脑还有漫长的路要走,但与人工动物脑相同的原理迟早可以应用到人工人脑的制造上,所以人工人脑的实现也不会遥遥无期。

人工脑的意义和人工智能的意义一样,开始只有工业或商业领域中的低级应用,而一旦拥有了高级复杂的认知能力,其意义和价值就难以估计。⁽⁷⁾当然它也会带来复杂多样的问题,如这样的人工脑会有意识尤其是自我意识吗?如果没有自我意识,就意味着“无我”的脑可以存在,这样的脑还是真正意义上的脑吗?这是否意味着技术改变了脑的存在方式,同时也改变了脑的本质?进一步,人脑作为“天然脑”,还会和人造脑之间形成新的关系,类似于人类智能与人工智能的关系,当人工脑远强于天然脑时,人是否愿意将自己的天然脑置换为人造脑?即使只有少数人冒险进行了这样的置换,将会产生什么后果?

两种脑形成的路径则包含了自然物的进化和人工物的建构之间的差异。自然脑“自下而上”地形成,是在进化中“修补”和“强大”起来的,所求的是“够用”而非“最优”;人工脑则通过“顶层设计”

而“自上而下”地建造出来,它有追求“最优”的目标,但这个目标是人为它设定的,而人脑对自己的强化和改善则源自内在的驱动,由人的需求(如对脑的好奇心、脑的健康和增强)所驱动。目前作为技术建构物的人工脑还不如自然进化物的人脑“精巧复杂”,“电脑”和“人脑”之间的差距还十分巨大。当然,技术建构物和自然进化物之间不仅有区别,也具有多重的联系,甚至可以交融为“互渗”的存在。如以人脑或其他自然脑为基底的人造脑,在对人脑改造或技术介入到一定程度后,就会形成所谓的“赛博脑”,即半自然半人工的脑,由此成为脑机融合或延展人脑的一种技术选择,甚至作为“上传大脑”的新型载体。两者的联系还表现为通过人工脑可以推进对自然脑的理解和认识,一是要设计出人工脑就必须有对自然脑的更透彻的认识,二是在人工脑成熟到一定程度后,基于卡普“技术的器官投影论”所揭示的关系,人工脑作为人脑的体外投射和镜像,可以帮助我们更深入地认识自己的脑世界,通过它我们可以直观内部的方式去了解人脑的工作机制,所以,从技术建构物与自然进化物的关系上看,我们既要看到人工脑与自然脑的本质区别,也要有效地利用它们之间相互镜像的关系去推进对脑的认识和改善。

总之,脑从技术观察的对象到技术治疗和增强的对象,再到技术模拟和技术建造的对象,最后必

然走向人工脑,由此所引起的新问题使得技术哲学开启了新的向度。

参考文献

- (1) [美]伯纳德·巴斯,等. 认知、大脑和意识[M]. 王兆新,等译. 上海: 上海人民出版社, 2015.
- (2) 杨足仪. 当代脑科学成果的多样性解读[J]. 科学技术哲学研究, 2016, 33(6): 12-16.
- (3) 顾凡及. 从蓝脑计划到人脑计划: 欧盟脑研究计划评介[J]. 科学, 2013, 35(4): 16-20.
- (4) Michie P. Deep Brain Stimulation[EB/OL]. [2017-10-17/](2010-06-02). <https://globalneuroethicssummit.com/gns-2017/booklet/>.
- (5) Schüpbach W. M. et al. Neurosurgery at an Earlier Stage of Parkinson Disease: A Randomized, Controlled Trial[J]. *Neurology* 2007, 68(4): 267-271.
- (6) Sandberg A. Feasibility of Whole Brain Emulation[C]// Müller V. (eds.) *Philosophy and Theory of Artificial Intelligence*. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 2013: 251-264.
- (7) Taylor J. G. On Artificial Brains[J]. *Neurocomputing*, 2010, 68(1-3): 50-56.
- (8) 顾凡及. 人工脑和仿神经结构工程[J]. 自然杂志, 2019, 41(1): 35-43.
- (9) 李德毅. 人工智能时代探讨脑认知形式化[N]. 中国信息化周报, 2015-8-10(007).
- (10) 吴朝晖, 潘纲. 类脑研究: 概念、内容及挑战[J]. 中国计算机学会通讯, 2020, 16(4).

The Brain Science as Technoscience

XIAO Feng^{1 2}

(1. School of Marxism, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022;

2. Advanced Institute of Philosophy and Science and Technology, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: As a “technoscience”, brain science depends on how far brain technology can go. The current pursuit of brain science to recognize, protect, and develop the brain is concentrated in the activities of observing the brain, improving the brain, simulating the brain, and making the brain with the help of advanced technology. These activities also show the philosophical relationships between uncovering and covering, treatment and enhancement, the possibility of technology and the limits of humanity, natural evolution and artificial construction for the brain, thus providing a new platform for the exploration of the philosophy of technology.

Key words: brain; brain science; brain technology; technoscience; philosophy of technology

(本文责任编辑: 董春雨)