

# 从内涵和外延的解析看脑机接口的哲学特征

肖 峰

(上海大学 马克思主义学院, 上海 200444)

**摘要:**从技术哲学的视野看,一种技术是通过专门的结构设计来实现特殊的功能,脑机接口的技术界定可以从这一视野去加以理解,它作为一种特殊的技术人工物,是通过在“脑”与“机”之间的人工联结(结构)来实现其特有的功能:为需要它的相关人群提供人工行动或人工感知。正是围绕这一界定,脑机接口成为一种具有信息技术、智能技术、神经技术、治疗与增强技术等多面相的技术统一体,并体现出心物交互、知行交互和对人多向度延展的哲学特征,由此延伸到它的分类上也可以从哲学价值论和认识论上获得新的解析。这些考察视角为理解脑机接口的内涵和外延拓展了本体论高度和认识论广度的新视野。

**关键词:**脑机接口;哲学特征;内涵界定;外延分型;价值论;本体论;认识论

[中图分类号]N031 [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2023)01-0041-10

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2023.01.005

## The Philosophical Characteristics of Brain-Computer Interface From the Analysis of Connotation and Extension

Xiao Feng

(School of Marxism, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

**Abstract:**From the perspective of technology philosophy, a kind of technology achieves its peculiar function through a specialized structure design, and the technical definition of brain-computer interface (BCI) can be understood from this perspective. As a special technical artifact, it achieves its unique function, through the artificial connection (structure) between the brain and the machine, providing artificial action or artificial perception for those who need it. It is around this function that the BCI becomes a technological unity with multi-faceted phases of information technology, intelligence technology, neurotechnology, therapy and augmentation technology, as well as embodies the philosophical characteristics of mind-object interaction, knowledge-action interaction and multi-directional extension for people, so that this extension to classification can also obtain new analysis from philosophical axiology and epistemology. These perspectives expand new insights into the ontological height and epistemological breadth for understanding the nature of BCI.

**Key words:** brain-computer interface; philosophical characteristics; connotative definition; extensive typology; axiology; ontology; epistemology

脑机接口(Brain-Computer Interface, BCI)是我们这个时代最神奇的技术之一。作为当代

信息和智能技术的一种应用,脑机接口是多学科交叉和多种技术融合的产物,包含了巨大的

收稿日期:2022-10-26

基金项目:国家社会科学基金项目(20BZX027)

作者简介:肖 峰(1956—),男,教授,博士生导师,主要从事科学技术哲学研究。

潜在价值,对人类的未来发展将产生不可估量的影响,由此必然会成为哲学探究的对象,从其技术界定和分类中解析其哲学特征。

### 一、脑机接口的内涵界定

现有文献中可见到对脑机接口内涵的多种界定,在称谓上也具有多样性,如它也被称为“人机接口”“思想机器接口”(Mind-Machine Interface, MMI)或“神经接口”等,它还对应:脑—计算机接口(Brain-Computer Interface, BCI)和脑—机器接口(Brain-Machine Interface, BMI)等概念,这些都表明脑机接口在内涵上的复杂性,展现了脑机接口具有多面相的存在论特征。

1973年,美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的雅克·维达尔(Jacques Vidal)首次提出脑机接口概念,他也是第一次对这个概念加以界定的人。维达尔认为,脑机接口是表达大脑与外界之间的直接信息传输通路,并将其作为使用脑信号控制外部设备(例如假肢和拼写软件)的工具,或者是利用大脑信号来进行人机对话的一种具有可行性和实用性的技术<sup>[1]</sup>,这无疑从技术的目的或功能上为人们展示了脑机接口的技术性质。

从字面的组成上看,脑机接口中的“脑”不仅是指人脑,还泛指生命体的脑或神经系统,它在系统中行使提供生物信号的功能;脑机接口中的“机”指的是进行信息处理的计算机,负责外部执行设备的控制输出,或在BMI的含义中还包括执行计算机输出指令的机器设备;脑机接口中的“接口”则指的是将“脑”和“机”这两个系统联结起来的中介,传感器就是起这种联结作用的中介,它的一端与“脑”联结,另一端与“机”联结,由其“提供了人脑和计算机之间的直接联接”<sup>[2]</sup>。对于脑机接口系统来说,“脑”是意图,“机”是表达,“接口”则是实现意图表达的关键环节。“接口”不是对“脑”和“机”进行简单的联接,而是包括不同任务、不同策略下对脑信号的有效刺激与采集,对脑信号特征的分析与提

取,以及对控制命令的可靠传出。总之,由“脑”+“机”+“接口”组成的脑机接口无非是在人或动物脑与外部设备之间人工建构而成的信息传输通道。

技术哲学的荷兰学派认为,一种技术是通过专门的结构设计来实现特殊的功能,脑机接口的上述技术界定可以从这一视野去加以理解。它作为一种特殊的技术人工物,是通过在“脑”与“机”之间的人工联结(结构)来实现其特有的功能:为需要它的相关人群提供脑机互动的功能,由此从结构上为我们展示了脑机接口是一种怎样的技术,可见它是“结构—功能”的技术哲学视角在脑机接口技术界定上的具体体现。

从以上理解还可以看到,脑机接口不是一种单项的技术,“不是一个单一的技术人工物,如螺丝刀、铅笔或放大镜,而是一个技术系统。系统有组件,当分解脑机接口系统的整体功能时,我们必须看它的组件,即电极、信号处理器和应用程序,每一个都有一个子功能,有助于脑机接口系统的整体功能”<sup>[3]</sup>。或者说,它是一个从信号采集到解码和重新编码的技术系统,这个系统甚至还包括外界受控的应用设备,所以脑机接口也是“多种技术的总称”<sup>[4](P193)</sup>,涉及信号采集和处理、通信传输、接口控制等多种技术的交叉。从它涉及的学科上看更是如此,这些学科包括“神经科学、物理、机械和电气工程、应用数学、计算机科学、神经病学、康复学、辅助技术、行为心理学、人因工程学”<sup>[5](P493)</sup>,还包括医学、材料科学、生物医学工程、人工智能和认知科学等。由于涉及多种技术和多门学科,所以脑机接口在技术分类中也可归属于多种技术门类之下。以下从它所归属的几种主要技术门类来加深对其技术特征与内涵的理解。

#### (一)作为一种信息技术的脑机接口

信息技术和(物质)生产技术是对技术进行的一种最大分类<sup>[6]</sup>。信息技术是信息的采集、处理、传输和使用的技术,在这个意义上,脑机接口从技术分类上肯定不属于生产技术,而属

于信息技术,而且是一种特殊的信息技术,即一种从大脑中探知或采集信息并将其加以处理和利用的信息技术。坦布里尼(Guglielmo Tamburrini)明确表示,“脑机接口系统是现代信息和通信技术在人机交互上的应用。”<sup>[4](P150)</sup>

脑机接口的有效性在很大程度上取决于它是否能够采集到脑活动的准确信息,可以通过从非侵入式到侵入式的接口技术来不断提高获取脑信息的精确性。脑机接口还包括对脑信息的分析处理技术,即对脑信号的解码和编码技术,并将其在脑机接口系统中进行传输,然后对神经假体、轮椅、智能机器人等实施控制,从而在这些效用器具上实现对脑信息的利用。

对于脑机接口作为一种信息技术,学界也有不同观点。有的强调它是一种电子系统:用于通过收集和分析用户的神经电生理信号,并随后启动特定的响应来确定用户的大脑状态,从而将其视为一种由脑电信号直接控制外界电子设备进行工作的电子装置<sup>[7]</sup>。有的强调脑机接口是一种信号转换系统,该系统将收集的大脑信号进行特征提取,将其与机体在进行某一功能活动时最具代表性的特征向量相对比,获得该信号包含的意图信息,再通过转换算法将其转换为控制外界设备的命令<sup>[8]</sup>,即转换为对外连接设备(如轮椅或计算机光标)有意义的命令<sup>[9](P5)</sup>。有的强调脑机接口是一种通信系统,一种不依赖于正常的由外围神经和肌肉组成的输出通路的通信系统<sup>[10]</sup>。这些被强调的不同侧面的共性,就是揭示了脑机接口作为信息技术的属性。

当代信息技术是以计算机的发明和使用为标志的,脑机接口作为一种信息技术,也是以它需要使用计算机为技术标志的,所以,维达尔在最初界定脑机接口的含义时就特别强调了这一特征:脑机接口被他用来描述任何能够产生关于脑功能详细信息的基于计算机的系统,抑或是用于计算机开发延伸人脑功能的一种技术端口<sup>[1]</sup>。所以,在科切特科夫(Ivan S. Kotchetkov)等人看来,作为当代信息技术基础的计算机技术为脑

机接口的持续发展作出了重要贡献<sup>[11]</sup>。

## (二)作为一种智能技术的脑机接口

脑机接口具有人工智能技术的属性,甚至可以直接说,“脑机接口是一种基于人工智能的系统。”<sup>[9](P5)</sup>由于人工智能也是一种信息技术,这意味着脑机接口是信息技术中的智能技术,是与人工智能相结合的信息技术,是人工智能衍生方向的信息技术,乃至人工智能的下一代或下一站技术<sup>[12]</sup>。

作为智能技术的脑机接口的核心问题是对所采集的信号加以处理,即信号的解编码,此任务由人工智能的算法技术来担当。脑机接口技术的有效性在很大程度上取决于解码用户运动意图并编码为机器指令的智能算法予以改进,只有在信号处理与转换不断采用更合适且更智能的算法时,才能使脑信号更快速、实时、准确地转换成控制外部设备的操作命令。所以,脑机接口在一定意义上也可视为以算法技术为核心的智能技术,是用人工智能来解读脑信号(尤其是脑电波)的技术,它既是融合了人工智能的技术,也可视为人工智能的应用技术。

脑机接口的智能技术特性,还延伸体现为被控的外部设备所具有的智能性,即被操控的器具也能够灵活反应环境(自适应)的能力,从而达到“协同控制”的水平。由此一来,脑机接口也成为一个人机共同处理问题的系统,在联结上AI技术的脑机系统中,AI成为辅助和大脑,帮助人脑行使控制的功能。可以说,脑机接口中应用人工智能越多,人的认知负荷就越轻,所以它也成为利用机器智能减轻人的负担的一种AI应用场景。

## (三)作为一种神经技术的脑机接口

脑机接口与“神经”也密切相关,因为它是一种在中枢神经系统和信号处理设备之间建立通信通道的技术,所围绕的就是采集神经活动信号、替代周围神经传递信号的任务,这就与神经科学密切关联:“脑机接口对大脑信号的适当选择,取决于人们对神经科学的理解,无论是基础或应用神经科学。”<sup>[5](Pv)</sup>当脑机接口作为“应

用神经科学”来看待时,就通向了“神经工程”,甚至它的核心部分(传感器)还被称为“神经接口”。一些关于脑机接口的界定也主要是围绕神经系统展开的,如脑机接口技术先驱之一的沃尔帕乌(Jonathan R. Wolpaw)对于 BCI 的界定就体现了这一特点:脑机接口是一种测量中枢神经系统活动并将其转化为人工输出的系统,它改变了中枢神经系统和环境之间的交互作用<sup>[5](P10)</sup>。哈斯拉格(Pim Haselager)的界定中则强调了脑机接口与外周神经系统的关系:脑机接口是一个允许某人在不使用外围神经和肌肉系统(感觉或运动)的情况下交流他/她的精神状态信息的系统<sup>[13]</sup>。

作为一种神经技术的脑机接口与“神经”的另一种相关性在于,有的脑机接口还具有修复一部分人因神经系统疾患而失去的行动、表达或感知功能。作为脑机接口应用技术的深部脑刺激(Deep Brain Stimulation, DBS)所组成的闭环医疗设备已经成为重要的新兴神经治疗技术。作为一种非药物方法,DBS 可以通过人脑深层结构的电刺激来治疗一些神经疾病,如帕金森氏病、原发性震颤、肌张力障碍、强迫症、抑郁症、肥胖症、神经性厌食症等,在闭环 DBS 中,当遇到异常的大脑状态时,将根据信号的变化动态传递或调整刺激脉冲<sup>[14]</sup>。

作为神经工程技术的脑机接口被美国国防部高级研究计划局确定为“颠覆性的战略技术”,因为它所具有的神经修复、神经功能延展、神经活动映射等功能,将对认识脑、医治脑和改善脑发挥重要的作用。它基于对神经活动的理解而形成的读脑和脑控的能力,则将对人的生存和发展产生深刻影响,甚至有可能改变人类未来的走向。

#### (四)作为治疗和增强技术的脑机接口

脑机接口的一个重要且初始的应用领域是医疗领域,它最初被发明主要是为那些因神经肌肉疾病(如肌萎缩性侧索硬化症、脑瘫、中风或脊髓损伤)致残的人提供替代通信设备,其总体目标是将人的中枢神经系统与人工系统连接

起来,使因身体瘫痪或有严重缺陷的人能够克服运动、语言和感知功能方面的障碍,患者通过它仅凭意念就可以操作电脑鼠标、移动假肢或控制人造的发音器官发出语音,从而可以在一定程度上恢复行动和交流的能力,从而能够实现持久的社交活动、自我表达和自主运动。

作为治疗技术来说,脑机接口不仅可以提取大脑活动信号来控制外部环境进而实现上述功能,而且可以从相反的方向影响大脑、控制大脑活动的机制以改善其功能,从而被应用于脑卒中或脊髓损伤后患者的运动瘫痪以及癫痫等康复治疗<sup>[15]</sup>。初步的数据还显示,BCI 介导的神经反馈还有助于慢性和亚急性脑卒中患者的认知(注意和记忆功能)康复<sup>[16]</sup>,再就是上面所提到的 DBS 所能治疗的种种神经类疾患。总之,脑机接口正在成为神经系统损伤和病变的患者有望得到有效治疗的医疗新技术。

在成为医疗技术的同时,脑机接口也具有作为增强技术的属性,即它不仅可用来医治或恢复残障人士所失去的那些正常的身体功能,而且也可能扩展或增强正常人的身体与认知能力,此时它就不仅是一种治疗技术,更是可能走向或成为一种增强技术。卡莫迪(Thornton Carmody)认为,对于 BCI 技术是治疗技术还是增强技术,必须看到二者之间的连贯性,即二者之间区别的界限已经变得很模糊,而且随着新技术的出现将变得更加模糊<sup>[17]</sup>。这也是脑机接口在功能上的多样性和复杂性的表现。

一些学者还用“辅助技术”(Assistive Technology, AT)来整合脑机接口作为治疗技术和增强技术的双重属性。欧洲辅助技术进步协会(AAATE)将辅助技术定义为:任何基于产品或技术的服务,可使在日常生活、工作、教育、休闲等活动受到限制的各个年龄段的人们获得能力。在鲁普(Rudiger Rupp)等人看来,这个定义非常广泛,既包括主流技术,也包括专门为残障人士设计的特殊设备。对于有运动障碍、感觉或认知障碍的人来说,如果某种技术可以帮助他们完成一些原本很难或不可能完成的功

能,这种技术就可称为辅助技术,它是那些用于增加、维护或改善残障人士功能的物品、设备或产品系统,像轮椅、踏板车、助行器和拐杖等都是移动的辅助技术<sup>[4](P7)</sup>。辅助技术也可以为正常人服务,当正常人获得辅助技术的服务时,其能力就得到了增强。在这样的意义上,脑机接口绝对可以被视为一种新的辅助技术,是集合治疗和增强双重功能的技术<sup>[4](P72)</sup>。

当然,脑机接口的技术面相还不止上述四个方面,但主要表现为这几个方面。这也表明,作为一种新兴的复杂技术,脑机接口具有技术上的复合性、交叉性、集成性和多重归属的叠加性,体现出它是“技术网络”中的一个交汇点或纽结,或者它本身就是一个复杂的技术系统过程。可以说,这是现代新兴复杂技术的一个共同特征。

## 二、基于内涵解析的BCI哲学特征

对脑机接口技术内涵的哲学理解,就是要从哲学的视角揭示脑机接口的特征,从而对脑机接口的内涵获得更深入的理解。

### (一)从哲学上看,脑机接口是一种“两极相通”的技术

作为一种“接口技术”,BCI具有贯通两极、交互对立的哲学特征,具体体现为它可以帮助人们实现心物交互、知行交互,这是先前的其他技术所不具有的特征,使得脑机接口可以为哲学贡献本体论高度和认识论广度的新视野。

从哲学本体论的视野看,脑机接口可以达成心与物的贯通,它联结脑和机器,“脑”是意图或心灵的所在,“机”是人心之外的外物,所以脑机接口的实质是联结心和物,从而是“心物接口”:一种不通过肢体(非具身)而使心和外界可以直接交互的技术装置,因此是作为哲学研究对象的两大类存在现象的一种交互形式,甚至被评价为“人类与世界之间无与伦比的互动形式”<sup>[18]</sup>。之所以“无与伦比”,是因为在先前的活动中,“单个人如果不在自己的头脑的支配下使自己的肌肉活动起来,就不能对自然发生

作用”<sup>[19]</sup>。而脑机接口则是在人仅仅通过“脑动”(即“心动”)就可以导控“物动”,从而另辟路径建立心物交互的通道,改变人的心物交互的传统方式,进而具有开启本体论新视野的意义。

从哲学认识论的视野看,脑机接口还可以实现知与行的贯通,它联结脑和机器,作为意念控制技术,它是将心之所想(知)变为机器之所动(行),所以脑机接口具有认识论上的“知行接口”的特征,在脑机接口中可以实现知行转化。人先前只能以自己的身体行动来操作机器并形成人机贯通,而有了脑机接口后,人则以自己的意念就能操作机器,形成知行之间的新贯通,达到技术性的“知行合一”,这也意味着知行贯通迈入了全新的阶段。作为一种建立起知与行进行新的交互方式的技术,脑机接口无疑具有拓展认识论研究新向度的意义。

脑机接口所实现的两极贯通,还体现在人与机器(或技术)的新型贯通上,即主体与手段、目的与方法的深度融合。脑机接口联结脑和机器,是一种为了通过机器来实现人脑意图的技术。人通常要通过自己的身体(肢体或感官)来实现自己的意图,但脑机接口使人可以迈过身体来达到这一目标,将人与机器的贯通提高到新的水平,成为一种新型的人机融合技术——脑机融合水平上的人机融合。以前的技术在空间形式上通常是与人分离而存在的,但脑机接口是与人在空间形式上联结在一起的,它是一种与人脑直接相连的技术,甚至有的脑机接口(侵入式BCI)的信息采集或信号刺激部分还是植入到人脑之中的,成为了人脑内部的一部分。先前有的技术虽然也是与人体联结在一起,但这种联结要么只是外在性的联结(如手握工具),要么虽然植入到人体(如起搏器或人造器官),但只有物理方面的简单联结,而没有达到心物交互的程度。而脑机接口形成的人与技术之间的联结,是一种基于设备的信息联结,是负载于这种信息联结之上的人的意念与机器设备之间所形成的“意念控制”关系,一种脑机之间的深度融合。所以,脑机接口是变革性的人机交互,是一

种人机融合新技术,它意味着人在“技术化生存”的道路上又前进了一大步,技术对人的影响和改变被推进到新的境界,由此具有将人学研究带入新疆域的意义。

可见,脑机接口是一种在多方面消解两极对立、实现两极贯通的新技术,从多向度彰显了它作为“接口”的技术哲学特征。在通常的意义上,作为接口的“interface”既是分界面,也是接合部,它具有双重功能:既把不同的东西区隔开来,从而形成“界面”,也把它们联通起来成为一个整体,从而成为消除界限的桥梁,即“接口”。而且,这两个方面的含义也是互相依存和过渡的,正是有了界限(界面),才有了连接(接口)的问题和需要<sup>[20]</sup>。脑机接口中既有“脑”和“机”的区别,更有二者在相互影响和作用的联结中所形成的新的系统整体,充分体现了“接口”技术的当代威力,也预示着技术融合、人机融合时代即将到来,这也是脑机接口影响时代走向的哲学意义之一<sup>[21]</sup>。

脑机接口作为贯通心与物、知与行、人与机之间的交互技术,也可以从哲学上将其理解为一种新型的“中介”。在一般意义上,接口主要就是行使中介的功能,如果没有它,事物之间就无法形成相互联系而产生相互作用。从性质和功能上看,接口技术使得自然状态下不发生关联的现象被人工地关联起来,形成按人的需要发生的相互作用。技术就是人与自然之间的中介,而脑机接口进一步成为人(脑)与技术(机)之间的中介,可谓是“中介中的中介”,它较之一般的技术所具有的中介功能又增加了新的内容,从而使“作为中介的技术”需要进行新的探讨,由此对技术哲学提出了新的课题。

## (二)从哲学上看,脑机接口也是人的一种新型延长手段

任何技术都可以视为人的延长,但通常只延长人的某一个方面,脑机接口则是对人从心智到身体、从智能到体能的全面延长,使得人能够在其延长的方面得到新的扩充,所以,脑机接口便能够成为人的一种新型延长手段。

脑机接口作为一种身体延长的新手段,它开辟了身体存在的新形式,即用体外的技术设备(如人工肢体、外骨骼或机器人等)替代人的肉身而成为可以为人做事的“第二身体”,它们可以行使感知和行动的功能,可以对身体的残障状态给予功能性替代,甚至可以对虽然正常但处处受限的自然身体给予能力的增强,由此使人的身体得到新的延长。

脑机接口还是一种大脑和心智延长的新手段,它的高级阶段是脑机融合后的智力提升。在维达尔看来,脑机接口的终极目标是将人类的归纳推理等智力活动与计算机的演绎、符号推理等能力结合起来,使计算机成为人脑的扩展和延伸。人一旦获得了这种脑机融合状态的提升,其智能将达到全新的水平。

脑机接口也是一种认知新技术,它可以通过读脑来读心,可以用于解读人脑奥秘,可以使心灵外在化、客体化,神秘莫测的心灵世界由此变得“可见”“可识”,认知科学借助脑机接口也将获得新发展。在作为认知新技术时,脑机接口无疑成为拓展认识论新视野的强大手段,因为脑机接口作为心物接口所带入的心物交互的新方式使得认识论可开辟感知心外之物的新通道,由此也为人们带来了需要探索的认识论新问题,这些新问题成为认识论获得新发展甚至颠覆性突破的契机和动力,从而使得认识论所进行的认识主体如何感知世界与改变世界的研究由此揭开了新的篇章。

脑机接口更是一种行动的新技术。由于脑机接口“允许人们仅使用思想的力量来控制外部设备”<sup>[4](P163)</sup>,这就创造了一种行动的新技术,也赋予了人们新的行动能力,在恢复和增强人的行动能力、创造人的行动新方式上具有突出意义。由于行动与实践的天然联系,作为行动新技术的脑机接口也为实践哲学的推进提供了极为丰富的资源和借鉴,以至于我们可以用“人工行动”“延展实践”等新概念来刻画脑机接口在行动—实践向度上所实现的对人的能力的延长。

脑机接口还是一种交往新技术,它使得在传统交往方式中失去交往能力的人可以重获这种能力,它还以脑-脑接口或“心联网”的方式为人类普遍地增加新的交往手段而成为“心灵沟通”的新通道。有了这种交往,以前借助语言的交流都成为“浅交往”,人和人之间“深入到内心世界”的“深交往”,即心灵深处的沟通将成为常态,使得脑机接口借助网络不仅延展了人与人之间交往的广度,而且借助“心联网”也纵向地增加了交往的深度,成为更全面也更有效的交往延长新手段,这也为我们研究人的社会性、发展性等问题提供了新视野。

### (三)从哲学上看,脑机接口还是负载新的人本论和价值论的人工物

脑机接口开创了一种新的技术范式,具有空前的拓展哲学新视野的效应,因为它将心、脑、身体和技术整合为一体,使人工物的属性达到了新的复杂性,使哲学的人本论和价值论获得新的视野和新的丰富性。

从人本论上看,当脑机接口融入人体之中时,技术就成为作为主体的人的一个内在组成部分,传统意义上技术仅作为手段或工具的本体论地位发生了颠覆性改变。脑机接口的治疗功能可消除残疾人士的功能缺失,使其成为正常的完整的人,充分体现出脑机接口的人道意义。人还可以借助脑机接口的增强来实现对更强、更完善的追求,甚至带来走向“超人类”的可能性,人的特征或属性等由此有可能发生技术性演变,其中所体现的就是脑机接口更为深远的人文意义。在脑机接口的深刻影响下,人与技术的相互建构将成为人之生成以及被赋予新的本质的重要方式,人本哲学的视野因此而得到极大的扩展,其研究内容也因此而获得极大的丰富。

从价值论上看,在成为一种人本新技术的同时,脑机接口也对人的主体性、自主性、隐私保护、知情同意、责任归属等方面带来新的问题,诸多不可控因素总蕴含新的风险。它的增强效应如果只能被少数人享有时则会带来新的

社会排斥和冲突;它的“读心”和“控脑”功能如果被政治性利用还可能造成新的社会对抗或对人形成新的异化,从而将是一种道德与政治风险性极高的技术。

可见,脑机接口技术中富含人本论的新内涵,也负载了新的价值可能性,它给人类带来新的发展希望,从而是一种合乎人道与人性且具有积极人文价值的技术;但同时也蕴含着巨大的人文风险,需要在积极开发时必须谨慎对待。可以说,在脑机接口上,集中折射了技术人工物所具有的价值与风险的二重性,尤其是当代高新技术中这种二重性的张力正在成为必须采用技术哲学深入分析的特征。

### 三、哲学视野中的BCI分型及其特征

对一个研究对象进行分类或分型,是从外延上对这个对象的一种把握方式。脑机接口作为一种技术系统,其丰富性还直接体现为它在外延上所表现出来的类型上的多样性。区分脑机接口的类型有多种方式和角度,根据采集脑信号的方式是有创还是无创可以区分出侵入式和非侵入式的脑机接口;根据脑机接口用于什么目的可以区分出治疗型和增强型脑机接口;根据信号流动的方向可以区分出由“脑”到“机”和由“机”到“脑”的脑机接口,如此等等。侵入式和非侵入式可以顾名思义,治疗型和增强型脑机接口在前面则已介绍,此处不再赘述。

根据脑机接口中信息流向的不同,可以形成一种独特的分类:“由脑到机的BCI”和“由机到脑的BCI”,前者是由脑向计算机传递信息,形成的是脑信号到机器(包括记录、分析和执行命令的机器)的信息运动方向,即信息从大脑流向环境,用于控制外部设备,实现身体功能的补充或增强,也称为“面向运动的BCI”“基于运动想象的BCI”(修复或增强运动功能)或“从大脑到环境的BCI”;后者是由计算机向脑传递信息,用于调节大脑的认知状态(如对注意力、情绪等进行调节),尤其是通过人工感官(如人工耳蜗、人工视网膜等)形成对外部的感知,所以,

也称为“面向感知的脑机接口”(修复和增强感觉能力)。脑科学家拉奥(Rajesh P. N. Rao)则将这两种类型脑机接口的特征区分为对大脑进行记录和刺激的不同:前者的功能是记录大脑信号,形成神经数据,然后将其转化为控制外部设备的信号;后者的功能是对大脑进行刺激,通过这种刺激引起大脑中符合特定期望模式的神经活动<sup>[22]</sup>。另一位脑科学家德鲁(Liam Drew)认为,二者的不同在于对脑信号的“读取”与“写入”之分:前者是读取和记录大脑活动产生的信号并解码其含义;后者是将外界的信号写入(即输入)大脑以操纵特定区域的活动并影响其功能<sup>[23]</sup>。医学伦理学家布勒(Tom Buller)也类似描述二者的区别:前者记录神经活动并将其翻译为控制指令,从而启动相应的运动;后者通过电刺激所携带的信号实施对中枢神经系统的调控。恢复运动或言语功能的脑机接口是前者的例子,人工耳蜗植入物和脑起搏器是后者的例子<sup>[24]</sup>。

在此基础上,还有整合以上两者的“双向脑机接口”(Bidirectional Brain-Computer Interface, BBCI)或“整合型脑机接口”。作为一种双向循环型BCI,它既能从大脑不同部位采集神经系统信号,又能对这些部位的神经系统进行刺激,它使用输入和输出通道在大脑与外部世界之间进行交互通信,是读取脑信息和将新信息写入脑中的双向过程的统一,所形成的是人脑与外部设备之间反馈调节系统,它是未来最具发展前景的脑机接口技术。

对于脑机接口的技术分类,也可以从哲学上加以进一步解析,从而有助于更深刻地理解其内涵。

例如,侵入式与非侵入式脑机接口之间各有优劣,就从哲学上提出了“如何取舍”的方法论问题,这也是技术哲学和价值哲学如何权衡技术的收益与代价的“价值评估”问题。可以说,侵入式脑机接口以采集信号的精准性、客观性为导向,是以“科学性取向”为主的脑机接口;而非侵入性以不对人造成伤害为主导,但失去

了信号获取的精准性,是以“人道性取向”为主的脑机接口。现阶段二者之间具有“鱼与熊掌不可兼得”的关系,决定了哲学上的客观性与人文性之间选择的困境。目前,为了提高信噪比而不增加太大的风险,一种介于侵入式和非侵入式的“半侵入式”脑机接口正在得到开发。半侵入式也属于有创方式,如通过手术将采集信号的电极定位于大脑皮层表面,就成为半侵入式的“皮质电信号电极阵列”,它侵入的深度相对较浅,位于头骨内皮层上,其安全风险比侵入式要小,信息量和精确性居于侵入式和非侵入式之间。据最新报道,目前有研究机构开发了“电极支架”的植入技术,它将采集信号的电极以支架的方式通过血管送到神经活动区域的附近加以安放,也就是通过血管导入纳米芯片,使其和大脑特定区域进行交互,这样无需开颅手术就可以实现脑内信号采集,所造成的创伤极小。此外,还有这样的半侵入式构想:借用大脑已有的入口,如耳、鼻、喉、口等来植入微型传感器,这样不会造成明显的创伤,如美国麻省理工学院多媒体实验室的梅斯(Pattie Maes)利用“嗅觉”进行梦境控制,就是这一植入概念的体现。这些半侵入式脑机接口所采集到的信号精确度虽不及侵入式,但远高于非侵入式,足够用于部分瘫痪病人恢复一些基本的行动功能,所以被认为是在收益和风险之间的一种较好的平衡,使二者之间的张力得到适当的缓冲。可见,随着技术水平的提高,两种取向兼得的目标将会不断趋近,也就是合取双方之长而避其短的“路径融合”必定会实现,这也是技术融合的普遍逻辑。

又如,治疗与增强型的脑机接口之间,在技术上的服务对象不同,其实表征了伦理立场的某种差别。治疗型脑机接口的伦理出发点是“治病救人”,它满足的是对残疾人士“雪中送炭”的基本需求,是对弱者的补救与向正常人的复归;而增强型脑机接口的伦理出发点则是“好上加好”“锦上添花”,是正常人对“更强”的向往和追求。脑机接口目前主要用于治疗,但会走

向增强,所以,这种分类表达了脑机接口技术的发展走向,也反映了伦理视角中的优先性关系。马斯克(Musk)的脑机接口研发团队还更加微观地将这种优先性序列描述为逐级攀登的“四层金字塔”:第一层为修复,即修复残障人士的生理缺陷;第二层为改善,如通过脑机接口改善大脑运行的效率,集中注意力,让思维更敏捷等;第三层为增强,如短时间内掌握超量的知识与技能,拥有一般人没有的超能力;第四层为沟通,即通过脑—机—脑接口所实现的脑电信号直接传递而不用语言就可以彼此沟通。在这里,从脑机接口的第二层金字塔就开始逐渐向增强型过渡。从哲学价值论的视角看,这两种类型的脑机接口其实也可阐释为:前者是为满足基本需求的“起码型”脑机接口,后者则是满足额外需求的“发展型”脑机接口。可以说,二者之间既具有互相限制的关系,如对研究经费形成的此消彼长的限制;也有相互促进的关系,如增强型脑机接口的成果应用与治疗时,就带动了脑机接口的医用功能。对此,需要有对二者平衡关系的一种哲学把握,尤其是在鼓励和限制的相关性上有清醒的认识,在技术发展与伦理的限制和突破的问题上有合理的处置。

在基于信号流动方向而形成的由“机”到“脑”和由“脑”到“机”的脑机接口的技术分类中,如前所述,前者是信息输入型的脑机接口,通过技术辅助而提供的“认识来源”,使人脑可以形成对外部信息资源的感知,它主要用于感觉功能的修复,恢复或增强人的感知能力。后者为信息输出型的脑机接口,它通过技术手段将输出的脑神经活动记录下来,通过解编码而转化为控制命令,用于运动机能重建、智能假肢控制、恢复或增强人的行动能力等。这一分类可以从哲学认识论上加以进一步的解析:由“机”到“脑”(输入性)和由“脑”到“机”(输出型)两种脑机接口可以分别称之为“感知型脑机接口”和“行动型脑机接口”,或者“认知型脑机接口”和“实践型脑机接口”。前者是将由机器设备采集的外部信息转换成对应的信号输送到脑

内,形成相关的认知,这里主要有视觉、听觉、触觉、嗅觉等信号刺激大脑的相关部位所形成的感知,这样的感知由于不是通过自然的感官而形成,所以如前所述可以将其称为“人工感知”。后者则是将脑中的意念所构成的脑信号传输给机器设备,驱动并控制这些设备进行合乎意念的运动而后产生行动的效果,也就是类似人在特定目的支配下进行实践的结果,这样的实践虽然不是人身体力行的活动,但又是合乎人的实践目的的过程,所以如前所述可以将其称为“人工行动”或“延展实践”。

这样,基于脑机接口的技术分类,会产生哲学上与之对应的两种类型的脑机接口,如图1所示。它们分别表明了哲学上的两种可能性:一是无需动用感觉器官而形成感知——新型感知通道的可能性;二是无需动用运动器官而行动——新型的行为方式的可能性。如果这两种脑机接口在技术上组成双向整合的系统,则在哲学上会形成可以对人建构起人工感知和延展实践的两种功能。这样来理解的脑机接口,它就是一种使人工感知和人工行动(延展实践)得以可能的人工物系统;就是可以对人在认知和实践上进行功能补全和能力增强的“认知—实践”新装备。使用这样的脑机接口,人就具备了以新的方式认识世界和改造世界的完整能力,或者可以对人的认识方式和实践方式产生双重革命性的影响。

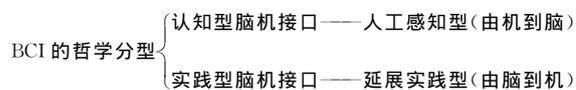


图1 BCI的哲学分型

就目前来说,认知型脑机接口的难度高于实践型脑机接口。由于技术上可以采取统计回归即机器学习的方式,由大量数据的训练而获得的模型来识别脑信号的特征(理解人脑的意图)就可以转换为机器可理解的命令,这些可以在不需要弄懂其机制和原理的背景下得以实现,这就降低了实践型脑机接口实现的难度。

但要绕过身体(感官)向人脑直接输入信息从而形成感知就不是这样容易了。一旦由“机”到“脑”的输入型脑机接口取得技术上的突破,人类通过脑机接口获取人工感知的能力与形成延展实践的能力相匹配,则脑机接口作为人类两种能力的恢复与增强的手段,就将为人的提升和发展作出更全面的贡献。

总之,通过对上述脑机接口哲学特征的把握,可以对其内涵界定和外延分型形成更加深刻的理解,这为哲学研究的视野拓展新的空间。

### [参考文献]

- [1] Vidal J J. Toward direct brain-computer communication [J]. Annual Review of Biophysics and Bioengineering, 1973, 2(01): 157-180.
- [2] Wolpaw J, Birbaumer N, McFarland D, et al. Brain-computer interfaces for communication and control [J]. Clinical Neurophysiology, 2002, 113(06): 767-791.
- [3] Heersmink R. Embodied tools, cognitive tools and brain-computer interfaces [J]. Neuroethics, 2013, 6(01): 207-219.
- [4] Grüber G, Elisabeth H. Brain-computer interfaces in their ethical, social and cultural contexts [M]. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2014.
- [5] [美]乔纳森·R.沃尔帕.脑-机接口:原理与实践[M].伏云发,杨秋红,徐保磊,等,译.北京:国防工业出版社, 2017.
- [6] 肖峰.信息技术哲学[M].广州:华南理工大学出版社, 2016:34.
- [7] Méndez S, Zao J K. BCI ontology: a context-based sense and actuation [EB/OL]. <http://ceur-ws.org/Vol-2213/paper3.pdf>.
- [8] Soekadarab S R, Birbaumerbc N, Slutzkyd M W, et al. Brain-machine interfaces in neurorehabilitation of stroke [J]. Neurobiology of Disease, 2015, 83(11): 172-179.
- [9] Fouad M M, Gomez-Gil J. Brain-computer interface: a review [A]// Hassanien A E, Azar A T, eds. Brain-computer interfaces [M]. Springer International Publishing Switzerland, 2015.
- [10] Schalk G, McFarland D J, Hinterberger T, et al. BCI 2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2004, 51(06): 1034-1043.
- [11] Kotchetkov I S, Hwang B Y, Appelboom G, et al. Brain-computer interfaces: military, neurosurgical, and ethical perspective [J]. Neurosurgical Focus, 2010, 28(05): E25.
- [12] 杨义先,钮心忻.脑机接口:人工智能下一站? [N].光明日报, 2022-07-28.
- [13] Haselager P. Did I do that? brain-computer interfacing and the sense of agency [J]. Minds and Machines, 2013, 23(03): 405-418.
- [14] Aggarwal S, Chugh N. Ethical implications of closed loop brain device: 10-year review [J]. Minds and Machines, 2020, 30: 145-170.
- [15] Kögel J, Schmid J R, Jox R, et al. Using brain-computer interfaces: a scoping review of studies employing social research methods [J]. BMC Medical Ethics, 2019, 20(01): 1-17.
- [16] Toppi J, Mattia D, Anzolin A, et al. Time varying effective connectivity for describing brain network changes induced by a memory rehabilitation treatment [J]. Engineering in Medicine & Biology Society. IEEE, 2014: 6786-6789.
- [17] Stramondo J. The distinction between curative and assistive technology [J]. Science and Engineering Ethics, 2019, 25(04): 1125-1145.
- [18] Steinert S, Bublitz C, Jox R, et al. Doing things with thoughts: brain-computer interfaces and disembodied agency [J]. Philosophy & Technology, 2018, 32: 1-26.
- [19] 马克思,恩格斯.马克思恩格斯文集(第5卷)[M].中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局,编译.北京:人民出版社, 2009: 582.
- [20] 肖峰.知行接口及其哲学分析[J].东北大学学报(社会科学版), 2014(2): 111-118.
- [21] 刘红玉,易显飞,叶岸滔.脑机接口技术及其人文风险[J].长沙理工大学学报(社会科学版), 2021(2): 1-7.
- [22] [美]拉杰什 P.N.拉奥.脑机接口导论[M].张莉,陈民铀,译.北京:机械工业出版社, 2016: 79.
- [23] Drew L. Agency and the algorithm [J]. Nature, 2019, 571(7766): S19-S21.
- [24] Buller T. Brain-computer interfaces and the translation of thought into action [J]. Neuroethics, 2020, 14(02): 155-165.