

# 工程视野下的脑计划及其伦理问题思考

林 玲

(北京协和医学院 人文和社会科学学院, 北京 100005)

**摘 要:** 首先从工程哲学角度, 剖析了作为一项生物医药工程的脑计划的特点, 即科学性、系统性和多方合作, 进而比较了神经科学技术和脑计划的区别与联系。其次, 在国家层面比较了各国脑计划的目标及伦理关注点, 反思了脑计划的道德含义、对个体自主性的影响, 以及成果的双重使用问题。最后提出, 一是以脑计划为代表的神经工程哲学研究将成为工程哲学研究的新领域, 二是通过建立伦理学工作小组的方式将伦理学融入到脑计划中。

**关键词:** 脑计划; 工程哲学; 神经伦理; 双重使用

**中图分类号:** R-02; B82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2020)03-0225-08

20 世纪是神经科学重大发现的辉煌时期, 在颁发的诺贝尔生理/医学奖中, 与神经科学相关的有近 20 项, 占总奖项的五分之一<sup>[1]</sup>。进入 21 世纪, 建立在现代神经科学基础上的神经技术逐渐应用于各种退行性神经疾病的治疗之中, 深部脑刺激技术用于减缓帕金森病患者的症状, 脑机接口 (BCIs) 可帮助瘫痪患者通过自身大脑活动直接控制计算机, 认知增强技术也初见端倪<sup>[2]</sup>。神经科学技术一体化的趋势日益凸显。此外, 随着脑科学及相应的脑库建设, 以及神经技术与计算机技术、认知科学的整合与会聚, 神经工程技术逐渐浮出水面。需要指出的是, 虽然神经科学研究及临床应用中的伦理问题已经得到学界的重视和较为充分的讨论<sup>[3-5]</sup>, 但作为大型工程项目的脑计划的伦理、社会、管理和哲学问题尚未得到应有的重视和研究。本文将从工程哲学的角度研究脑计划, 主要探讨脑计划与神经科学、神经技术的关系, 对各国脑计划的研究目标及领域进行简要对比, 分析脑计划的特点, 并提出几

点伦理建议。

## 1 脑计划的特点

相对于其他医药生物工程, 脑计划有其特殊之处。首先, 其所涉及的科学、技术方面, 相对于其他工程而言具有高度科学性。如果说医药生物工程与人类社会密切相关, 那么脑计划则与人类本质密切相关。神经科学知识是对于大脑——人类最核心器官规律的探索, 脑计划的技术未来都将应用于人类。脑计划的实践严格遵循科学性, 需保持科学的观念看待脑计划科学性的升级, 保持科学的态度客观评价脑计划实践中的不足与进步。其次, 脑计划作为一项大体量的工程, 具有以整体、动态为特征的系统性。最后, 脑计划的实践需要最广泛的合作, 涉及科学家、跨学科的学术团体、政府及其机构、私立机构、产业公司、社会公众, 等等。

### 1.1 高度科学性

工程活动必须建立在科学性的基础之上, 而

脑计划的实施更加需要神经科学理论和知识的支撑。脑计划是个极富挑战的工程, 不仅仅因为工程本身涉及神经科学知识、神经技术, 更是因为人类大脑的神秘。脑计划可能是一个危险的实践活动, 之所以说它危险, 是因为面对如此神秘而复杂的人类灵性的源泉, 人类往往会感到无知与无助。在无知无助的情况下, 人类的选择往往就是屈服。脑计划的每一个项目实施都是对于人类本质的探索, 希望发现人类何以为人的秘密。面对涉及因素众多、关系复杂、规模宏大的脑计划, 必须依靠科学理论。

脑计划涉及众多神经科学的研究, 而神经科学是生物学领域中最复杂的领域之一, 神经科学意图理解精神、智力活动的生物学基础。神经科学家想理解发育过程中形成的神经回路是如何使生物体可以感受外部的环境、形成记忆, 以及相关经验是如何来指导行为的; 神经科学家还想理解情绪的生物学基础, 理解情绪怎样丰富我们的日常生活; 以及在忧郁症、狂燥症、精神分裂和老年痴呆等病理条件下, 个体如何失控。

对于神经科学的研究, 学者们采用两个截然不同的思路: 还原论和整体论。两种思路都有不可避免的缺点, 但是在神经科学发展的历史上也都曾取得了重大的成就。1) 还原论: 该方法试图通过研究单个分子、细胞或回路等神经系统基础元素的特性来理解神经系统。主要的研究成果包括了解神经信号传递的基本分子机制, 单个神经元动作电位的信号传递, 神经元之间突触传递等。2) 整体论: 从研究功能入手来理解神经系统, 研究神经系统的活动如何调节行为或者影响行为。主要的研究成果为采用选择性损毁特定脑区的方法来分析行为的变化, 例如损毁不同的脑区导致不同的认知障碍。

脑计划的实践需要遵循神经科学的规律, 同时要注意到基于人类大脑的复杂性, 当前神经科学的发展存在缺陷。高度科学性不仅指的是脑计

划必须有科学理论的保证, 更是一种随着神经科学技术的不断进步, 时刻更新知识、技术的科学观念; 也是对于脑计划实践过程中的问题, 一种客观评估其优点与不足的科学态度。

## 1.2 系统性

脑计划是体现工程活动集成创新、系统协作的极佳案例之一, 需要基于目前已有的科学知识, 结合多学科的力量, 打破常规的学科界限。基于神经科学、神经技术及其他学科领域共同构建的脑计划, 涉及的理论知识丰富、技术种类繁多, 同时这些知识、理论相互交叉。除了传统的神经科学, 脑计划还涉及物理、数学、统计学、工程学、化学、纳米技术和计算机科学等领域。可探讨神经刺激与调控、神经检测与成像、神经假体、神经再生与修复、生化智能机器人等议题<sup>[6]</sup>。

脑计划的系统性是将脑计划的研究内容、领域, 以脑计划目标为核心, 根据脑计划的逻辑统一性、功能依存性等要求, 协调存在于脑计划整体之中。例如欧盟脑计划通过 12 个子项目的组合, 分步骤多阶段开展脑计划, 基于脑计划整个系统的综合集成, 创新性地构建大脑研究的基础设施。脑计划的系统性是动态的, 基于外界环境的变化以及脑计划运行的情况做出相应的改变, 这种动态性在脑计划中的表现也十分突出。脑计划是一项耗资数亿乃至数十亿美元、周期长达 10 年的大体量工程, 随着计划的实施和运行, 需要阶段性地进行评估和调整。例如美国脑计划在 2013 年 4 月提出后, 随着计划的开展于 2014 年提出具体的 7 个研究领域, 同时将 10 年的计划周期延长至 2025 年, 细化为 2 个阶段, 每个阶段各 5 年。

## 1.3 全社会广泛合作

脑计划作为一项全球性事业, 需要国际研究团体之间的合作。各个国家的脑计划陆续展开, 但开展过程中发现进展不如设想的迅速, 因此

2016年神经科学界明确表示需要加强各计划之间的协调,并为此举办了一系列研讨会和会议,其中就包括2016年9月在洛克菲勒大学举行的“协调全球脑计划”会议。2017年成立国际脑计划组织(International Brain Initiative, IBI),包括美国、澳大利亚、日本、欧盟、韩国和中国,该组织主要用于协调现有的和正在出现的国家和地区的协调组织,促进全球脑计划之间的互动。由科学家推动科学家,能够广泛利用脑计划的资源,并鼓励协作和信息共享<sup>[7]</sup>。

除了科学团体的合作以外,脑计划也需要社会各界机构的支持,如私人 and 公共资助机构、产业团体、政府及其相关组织机构、社会民众。例如美国脑计划的公共部门和私立机构已经联合起来,包括联邦机构、国家科学基金会(NSF)、食品和药物管理局(FDA)、国防高级研究计划局(DARPA)和情报高级研究项目机构(IARPA),以及私营企业、慈善家、非营利组织、基金会、学院和大学。同时随着脑计划的开展,迫切需要征求社会各界对于具体项目的意见及建议,多角度、多维度、综合性地评估脑计划。因为脑计划不同于技术,在脑计划中不但有技术要素,而且有管理、经济、制度、社会、伦理等要素<sup>[8]</sup>。加拿大脑计划开展跨学科的大脑研究,涵盖了物理学、计算科学、人类学、社会学、经济学等;韩国脑计划除了神经系统相关疾病的治疗外,还加强了人工智能研发,鼓励公众参与。

## 2 工程视野下的脑计划

### 2.1 作为工程项目的脑计划

工程是指人类创造和构建人工实在的一种有组织的社会实践活动过程与结果,它主要是指认识自然和改造世界的“有形”的人类实践活动<sup>[9]</sup>。按理,医药生物工程就是一种借助现代科学技术来认识疾病发生、发展规律,以及相应的诊断、治疗和康复手段、检测试剂、疫苗、药品、医疗服务的科研开发、应用过程和结果。按此定义,

脑计划就是一项复杂的有组织的医学工程。脑计划是在神经精神领域运用科学、技术进行的一项社会实践活动,其最终产出为人类神经精神疾病的减少、人类的健康。脑计划在设计、实施和应用过程中,不仅仅依靠不同学科的科学技术,还需要借助政府、科研机构、国际组织、各类社会团体、公众的参与和推进。脑计划的实践从大脑、神经系统的路径切入,同时脑计划还涉及电子信息工程等其他工程领域,最终目标是通过理解人类的大脑——最复杂的人类器官,促进人类健康。

### 2.2 神经科学技术和脑计划的区别与联系

从科学、技术、工程的区别来看,神经科学、神经技术、神经工程是三类不同类型的社会实践活动,三者的性质、目标完全不同。神经科学是以发现为核心,对神经系统 and 大脑本质及其运行规律的探索活动,其目的是探寻自然规律,解释神智活动的生物学机制,例如神经生物学研究神经系统的结构、功能、发育、演化等。神经技术是以发明创造为核心的活动,将发明应用于神经科学领域的方法、工具、设备、仪器等,其追求新的构思,可恢复或改变神经系统的功能,也将其应用于开展神经科学研究从而产生新的神经科学知识。例如在小鼠及猴等动物模型上实现的脑移植手术,在临床上已经获准应用于部分疾病的神经刺激技术。脑计划是以构建、运行及集成创新为核心的一项社会实践活动,按照社会需要设计造物、构筑与协调运行,追求一定边界条件下的集成优化和综合优化。脑计划的目的是造物,同时创造物的过程也是脑计划的一部分。因此,脑计划本身就是一个复杂的神经工程。

神经科学、神经技术、脑计划三者之间有着关联性。神经科学是脑计划的理论基础。正确运用神经科学所产生的知识是脑计划顺利实施的基本条件,只有符合神经科学的基本原则和定律,才能不断推进脑计划;违背神经科学的规律,脑

计划将功亏一篑。并且脑计划的实施也促进新的神经科学知识的构建,区别于其他更偏重物质形态构建的工程,脑计划构建的主要成果之一是一种更偏重知识形态的大脑功能的精确描绘。脑计划与神经技术有着密切联系,美国、日本的脑计划都将推动神经技术、整合神经技术作为脑计划的主要研究领域,可见两者之间的联系非常紧密。但神经技术与脑计划的区别仍旧客观存在。神经技术是脑计划的基本要素,若干神经技术构成脑计划的基本结构,神经技术是脑计划中技术要素的主要构成之一。对于脑计划来说,独立的神经技术意义不大,重要之处在于有序、有效的合理集成,将其有机整合为脑计划的内核,神经技术的有机整合是脑计划集成构建的关键部分,是构建其他存在物的基础。

### 3 国际脑计划对比

#### 3.1 脑计划的目标比较

人口老龄化、人类疾病谱的改变,促使各国对于“大脑”这个神秘未知进行系统性地探索与尝试,催生了多种国家层面的脑计划项目。2013年4月美国启动了“通过推动创新型神经技术开展大脑研究”计划(BRAIN Initiative),其主要目标是开发创新技术来探究脑细胞和神经回路如何以思维的速度相互作用,研究大脑的工作机制,并最终揭示大脑功能和行为之间的复杂联系。美国的脑计划侧重于发明新的脑科学研究技术,鼓励使用多种技术开展脑计划,有7个领域优先给予资金支持<sup>[10]</sup>。虽说在规模上比不上20世纪的曼哈顿计划、阿波罗登月计划和人类基因组计划,但美国的这项脑计划顶层设计周全、涉及面广泛,突出了学科间的交叉互动,以便达到最优的科学价值。2013年10月欧盟脑计划启动,旨在了解人类大脑,并将神经科学知识转化为医学和技术。该计划注重探索大脑在时间和空间上的多层次复杂性,将知识转化为在健康、计算等方面的衍生

应用。侧重于通过建立脑计划研究基础设施——详细的神经网络模型,提供开放、共享的计算工具和数据。该计划使用大规模、跨学科的研究方法,由12个子项目组成,例如小鼠大脑组织、人类大脑组织、高性能分析与计算、伦理与社会等<sup>[11]</sup>。2016年2月,澳大利亚启动澳大利亚脑计划,目标是探索神经系统如何产生、编码、检索信息、影响复杂的行为、应对内部和外部的变化,有4个研究内容,例如创建脑机接口,通过记录和控制大脑活动从而恢复功能;了解全生命周期学习的神经基础等<sup>[12]</sup>。2015年加拿大脑科学家建立脑科学研究战略,其目标是整合加拿大目前的研究基础和研究特长以用于顶尖的神经科学研究,将研究成果用于改善加拿大人的神经和精神健康,计划包含4个目标:例如加速了解大脑的机制,并将其用于解决大脑和精神卫生领域;确定加拿大神经科学、精神卫生战略和投资的目标等<sup>[13]</sup>。

美国和欧盟作为西方国家中脑计划的最先启动者,在科技发展理念上构思新颖,在战略布局上更加系统和完整。美国制定了7个优先给予资金支持的领域<sup>[14]</sup>,欧盟通过构建12个子项目来完成目标。同时先驱者美国正在逐步推进脑计划,截至2018年,美国NIH已经资助了500多名主要研究人员,他们发表了数百份描述新工具、方法和发现的出版物,涵盖脑计划的7个重点领域。

2014年日本脑计划启动,其目标是利用非人类的灵长类动物模型——普通猕猴,绘制神经回路结构和功能的地图。该计划侧重于发现与神经和精神疾病表型对应的神经回路,了解这些疾病的发展进程,尤其是神经退行性疾病的研究。其研究领域有3个,例如非人类的灵长类动物的大脑(猕猴大脑)结构和功能映射<sup>[15]</sup>。2016年5月韩国脑计划启动,目标是促进神经科学的发展,使人们能够科学地理解大脑高级功能的原理,从而绘制健康大脑和病变大脑的动态图像,包括4个研究内容:1)在多个维度构建大脑图谱;2)开

发用于大脑绘图的创新神经技术；3）加强人工智能的相关研发；4）开发神经系统疾病的个性化医疗<sup>[16]</sup>。2016年中国“脑科学与类脑研究”为“十三五”规划纲要所确定的重大科技创新项目和工程之一，也是科技创新“2030 重大项目”中已启动的4个试点之一，进入编制项目实施方案阶段。我国脑计划以探索大脑认知原理的基础研究为主体，以发展类脑人工智能的计算技术和器件及研发脑重大疾病的诊断干预手段为应用导向<sup>[17]</sup>。

对比中日韩，日本和韩国都制定了相对明确的研究计划，希望通过数个研究领域的逐步推进，实现其研究目标。中国已将脑计划纳入国家重大科技创新项目和工程，下一步将会针对脑计划规划指定更加具体的研究目标及方案。

### 3.2 国际脑计划伦理关注点分析

各国都将伦理纳入了脑计划的考量之中，例如欧盟脑计划有伦理与社会子项目，美国在NIH成立了脑计划的伦理小组。但各国脑计划由于研究目标的差异，其伦理关注点各有侧重。美国脑计划的重点在于发明新的脑科学研究技术，这就涉及两个方面，一是如何符合伦理地进行科学研究，从研究目的、研究设计、研究结果的解释，探索出具备伦理性的脑计划科学研究模式；二是如何符合伦理地应用新的脑计划科学研究技术，新技术的应用需要进行风险受益的分析，包括何种情境、何种使用者、如何使用，进行特异性的伦理评估。

欧盟和澳大利亚的脑计划，主要涉及大脑相关数据的挖掘，欧盟通过建立脑计划研究基础设施，提供开放、共享的计算工具和数据；澳大利亚探索神经系统如何产生、编码、检索信息，以及其如何影响复杂的行为等。其伦理关注点更多在于大脑数据，如何符合伦理地收集、使用、共享等。例如大脑数据在研究以外的二次利用，大脑数据的国际共享等。再者，大脑数据转换为信息，这些涉及个体深层次信息的隐私保护，如何采用有效的措施

在数据共享和隐私保护之间保持平衡。

毫无疑问，各国脑计划都关注大脑工作机制中涉及人类疾病与健康相关的部分，例如神经元活动如何转换为与疾病和健康相关的认知、情感、感知和行为方式，神经精神疾病的诊断、治疗。加拿大和日本将大脑疾病的研究作为脑计划的首要目标，加拿大致力于改善神经与精神健康状况，日本探索神经退行性疾病。脑计划的开展将拓宽或是根本性改变个体、群体、人类对于疾病的认知。正如人们对于麻风病的认识一样，陷入污名化或是摆脱社会污名都有一个过程。

## 4 脑计划引发的伦理问题思考

工程活动作为人类一项最基本的社会实践活动，涉及许多的伦理问题，脑计划也不例外。多数国家的脑计划都设置了涉及伦理相关的机构、工作组等，例如美国专门设立了由伦理学家和神经科学家组成的工作组，共同研究神经伦理问题，提供伦理建议，实质性地参与到美国脑计划之中。脑计划深刻地影响人们的生存、生活，这是脑计划的意义之所在，也是它必须受到伦理评价和接受伦理考量的根据，同时脑计划涉及的伦理问题也有区别于其他工程的特殊之处。

### 4.1 脑计划的道德意蕴

意识研究作为脑计划努力描述和理解人类大脑、进一步提高我们关于“人类”知识的目标之一，在脑计划中占有非常重要的地位。意识研究也是解决人类、动物，甚至是机器，这些不同种类“物种”道德意义问题的关键。物质与意识的关系，自17世纪笛卡尔就已经提出自己的观点，当前仍有不少哲学家在讨论。在脑计划不同的研究小组中，包括实证研究、理论研究、临床研究等，从系统认知神经科学、理论神经科学到神经伦理学等，都在开展意识研究。神经科学家研发测量意识水平的新方法，期望在临床上用于诊断和治疗意识障碍患者，如持久性植物状态、最小

意识状态、闭锁综合征的患者。随着人们对于意识探测能力的增强, 我们需要重新去反思医疗实践, 如果这些患者并不存在意识, 那么如何看待针对这些患者的临终关怀, 能否使用意识探测的结果来判定个体死亡? 如果动物也有意识, 我们或许需要重新思考笛卡尔的观点, 动物与人的差异, 人类何以具有优越性? 随着脑计划的开展, 神经技术的进步会进一步拓展人类对于意识、自由等观念的认识, 人与动物的差异不仅在于意识的存在, 语言使用、社会交往也起着非常关键的作用。意识探测作为提升意识障碍患者诊断质量的工具<sup>[18]</sup>, 可用于区分患者自主意识和非自主反应, 对于是否能够用于判断个体死亡, 需要更细致地研究其诊断标准的可靠性。

脑计划与计算机科学的结合, 不断刷新人们对于意识的理解, 人工构建的大脑未来是否应该发展出意识, 意识与人工智能之间存在相关性。例如欧盟脑计划使用研究数据以及现有的认知行为模型, 将脉冲神经网络和虚拟/真实机器人相连接构建神经机器人平台。连接是否成功依赖于神经科学的发展, 例如视觉控制的大脑机制已相对完善, 使得其转化为视觉机器人的可能性更高; 而对于行为、意识的模式相对未知, 其神经机器人的转化难度相对大。脑计划的实施首先会应用于脑功能受损个体, 未来或许会创造新的具有意识的机器人个体。前者的模拟神经机器人和后者的仿真神经机器人, 两者的区别在于哪里, 界限该如何划分, 神经机器人是否具有道德地位? 笛卡尔式乐于从二元对立的角度分析人的精神与肉体, 人与其他物体的区别, 但如果使用关系式的方法, 将道德地位作为主体如何与现实相联系并如何应对的实际问题<sup>[19]</sup>, 在讨论脑计划所创造的机器人时将更加具有操作性。机器人的道德地位很大程度上取决于作为主体的人类如何看待他们, 如何与之相处。

## 4.2 脑计划对个体自主性的影响

脑计划的目标之一是通过神经技术的发展,

减轻大脑相关疾病的症状, 乃至增强大脑的功能。但这些神经干预可能改变我们的认知和情感, 影响自主性和身份认同, 甚至最终改变我们对“人类”的看法, 神经伦理学对此有着激烈的争论。脑机接口技术用于神经康复, 因疾病或意外伤害失去运动功能的患者, 通过该技术重新获得“移动”的能力。脑机接口、机器人、深部脑刺激等技术是否会减少个体自主性, 人格同一性是否改变?

哲学上对于人格同一性的讨论一直在进行, 判断人格是否具有同一性的标准主要有2类: 1) 躯体标准: 把躯体的同一等同于人格的同一; 2) 心理标准: 人格的同一应由包括记忆在内的信念、意向、目的、欲望等心理连续性内容共同构成。从心理标准来看, 因为存在记忆的连续性, 使用脑机接口者的人格同一性并没有发生变化。但从躯体标准来看, 使用脑机接口者不是使用前的那个人, 他们是生物上不相同的两个人。这是对于脑机接口使用者人格同一性改变的简要分析, 但随着判定标准的改变、技术类型的差异, 脑计划对人类自主性的可能影响, 以及什么使我们成为一般意义上的人类, 需要对于主体、人性、身份等进行更为细致的哲学分析。

## 4.3 脑计划成果的双重使用

双重使用 (dual use), 指的是根据目前的了解, 可以合理地预计所提供的研究知识、产品, 或针对市场营销制定相应的营销和广告策略, 使消费者更易接受广告信息。未来或许军队可以获取已经整合完成的大脑数据信息, 调取士兵的信念信息, 掌控军人的忠诚度。神经科学家使用fMRI技术可发现具有暴力和破坏性倾向的个体与正常个体的大脑所具有的越来越多的结构和功能的差异, 这些差异是否会影响司法实践?

脑计划的双重使用, 是一个无法回避的问题。一是由于脑计划采用开放的方式, 数据共享、技术交流互通、科学共同体协作、全社会合作, 即

使基于禁止非医学目的应用的共识，也很难控制成果的泄露，例如脑计划成果公开发表所导致的泄露。二是脑计划的实施机构中包含军事部门、商业机构，这些机构的最终目的与脑计划的科学目的截然不同。对于脑计划的双重使用，预防性的原则或许能减少脑计划成果不当使用带来的伤害。政府机构切实履行监管的责任，在脑计划成果被使用前进行审慎地评估，开展伦理学的评价。脑计划的研究人员本着负责任的研究与创新的原则，面对研究可能带来的结果，反思研究的目的，通过与公众的对话来推动脑计划成果的最优化使用。

## 5 结论

作为生物医药工程的一个新兴分支，脑计划的顶层设计、项目实施、成果转化和效果评估等环节均蕴含着丰富的哲学议题。脑计划的实践本身也是对于人类本质内省的绝佳机会，是对哲学基本命题进行重新思考的路径之一。目前脑计划的研究及其应用引发了许多传统的及特殊的工程哲学问题，可拓展工程哲学研究，使用工程哲学系统化的方法来进行分析阐述，包括脑计划的本体论、方法论和知识论问题。本文阐述了脑计划的高度科学性、系统性及需要全社会协作的特点，以及神经技术、神经科学知识 with 脑计划的差异。未来可进一步研究脑计划创新，如何持续性地为脑计划带来新的活力，在脑计划创新中神经科学、神经技术所发挥的作用。

脑计划是一个科学价值和社会价值重大的工程，无论在科学技术层面，还是在社会影响层面。如何将脑计划良好的理念与目标贯彻到整个实施过程中，这需要对脑计划进行细致的伦理学分析，探讨这一实践活动中人类所能发挥的作用，以及应该如何发挥作用。应将伦理学融入到脑计划之中，作为脑计划的有机组成，对其产生的技术、成果等进行前瞻性、持续性的伦理学评估。建议在脑计划中建立一个独立的伦理学专家小组<sup>[20]</sup>，纳入神经科学家、计算机科学家等，由其提供科

学方面的专业支持，定期召开专题研讨会，也能够促进哲学、法律、伦理学建议集成至脑计划项目。对于脑计划所涵盖的前沿技术可设定伦理学指导准则，以为脑计划的各类参与者提供研究项目设计、实施、评价的伦理学基础。

## 致谢

感谢张新庆教授对本文选题和撰写提供的宝贵建议。

## 参考文献

- [1] 韩济生. 20 世纪神经科学发展中 10 项诺贝尔奖成就简介[J]. 生理科学进展, 2001, 32(2): 187-190.
- [2] Roelfsema P R, Denys D, Klink P C. Mind Reading and Writing: The Future of Neurotechnology[J]. Trends in Cognitive Sciences, 2018, 22(7): 598-610.
- [3] 林 玲, 张新庆. Neuroethics 杂志发表神经伦理学论文之定量分析[J]. 医学与哲学, 2016, 37(1): 45-48.
- [4] Levy N. Neuroethics-challenges for the 21st century[M]. New York: Cambridge University Press, 2007: 1-44.
- [5] 李建业, 符 征. 神经成像技术的伦理问题[J]. 医学与哲学, 2012, 33(12A): 1-5.
- [6] 明 东. 神经工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 6-17.
- [7] International Brain Initiative. International Brain Initiative: An Innovative Framework for Coordinated Global Brain Research Efforts[J]. Neuron, 2020, 105(2): 212-216.
- [8] 李伯聪. 略谈科学技术工程三元论[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2004: 59-70.
- [9] 殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪. 工程哲学(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 91.
- [10] Mott M C, Gordon J A, Koroshetz W J. The NIH BRAIN Initiative: Advancing neurotechnologies, integrating disciplines[J]. PLOS BIOLOGY, 2018, 16(11): 1-5.
- [11] Amunts K, Knoll A C, Lippert T, et al. The Human Brain Project—Synergy between neuroscience, computing, informatics, and braininspired technologies[J]. PLOS BIOLOGY, 2019, 17(7): 1-7.
- [12] Australian Brain Alliance. A Neuroethics Framework for the Australian Brain Initiative[J]. Neuron, 2020, 105(1): 201.
- [13] Illes J, Weiss S, Bains J, et al. A Neuroethics Backbone for the Evolving Canadian Brain Research Strategy[J]. Neuron, 2019, 101(3): 370-374.

- [14] Walter K, Joshua G, Amy A, et al. The State of the NIH BRAIN Initiative[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2018: 3174.
- [15] Okano H, Miyawaki A, Kasai K. Brain/MINDS: brain-mapping project in Japan[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2015, 370(1668): 20140310.
- [16] Jeong S J, Lee H, Hur E M, et al. Korea Brain Initiative: Integration and Control of Brain Functions[J]. *Neuron*, 2016, 92(3): 607-611.
- [17] 蒲慕明, 徐波, 谭铁牛. 脑科学与类脑研究概述[J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(7): 725-736.
- [18] Laureys S, Boly M. Unresponsive wakefulness syndrome[J]. *Archives italiennes de biologie*, 2012, 150(2-3): 31-35.
- [19] 苏令银. 论机器人的道德地位:一种关系式的道德解释学范式[J]. *自然辩证法研究*, 2017(7): 38-42.
- [20] Ramos K M, Grady C, Greely H T, et al. The NIH BRAIN Initiative: Integrating Neuroethics and Neuroscience[J]. *Neuron*, 2019, 101(3): 394-398.

## Thinking on the Brain Project and Its Ethical Issues from the Perspective of Engineering

Lin Ling

*(School of Humanities and Social Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100005, China)*

**Abstract:** This study analyzes the characteristics of the brain project in biomedical engineering (e.g., scientific, systematic, and multi-party cooperation aspects), and then compares the differences and connections between neuroscience technology and the brain project. It further compares the goals and ethical concerns of brain projects in different countries. This study also reflects on the moral meaning of the brain project in regard to the influence on individual autonomy, and the dual uses of the results. Finally, the author proposes that the study of neuroengineering philosophy (as represented by the brain project) will become a new research field in engineering philosophy, and that ethics should be integrated into the brain project, e.g., by establishing ethics working groups.

**Key Words:** the Brain Project; philosophy of engineering; neuroethics; dual use