

脑机接口技术的风险评价与应对研究

叶岸滔

(广州医科大学 马克思主义学院, 广州 511436)

摘要: 脑机接口技术近年来不断获得突破, 相关研究成果向外界展示了极高的应用价值和广阔的应用前景。但脑机接口技术迅速发展的同时也伴随着许多潜在风险, 如技术安全风险、隐私风险、自主性风险和公平风险等。整体上看, 这些风险是客观的和动态变化的, 我们能否使用这些技术, 关键在于它的风险受益能否平衡。我们要充分重视脑机接口的风险, 并从善于识别风险、科学评估风险、向公众提示风险、积极管控风险等四方面予以应对。

关键词: 脑机接口; 伦理; 风险

中图分类号: R-02; B82 文献标识码: A 文章编号: 1674-4969(2021)01-0027-08

在过去几十年里, 脑机接口技术不断获得突破, 相关研究成果向外界展示了极高的应用价值。随着未来神经科学技术的发展和设备的小型化, 脑机接口应用将更加广泛。脑机接口不仅可以用于医疗保健领域, 让有严重运动功能障碍的患者改善生活质量, 还能用于娱乐、营销、教育、军事等方面, 对个人和社会都有潜在的影响^[1]。近年来, 不少脑机接口技术试验已经在少数病人身上进行^[2], 一些研究项目也即将从动物试验过渡到人体试验^[3], 在可预见的未来, 脑机接口不仅会被使用, 而且还可能会被广泛使用。这种情况下, 很多人担心和质疑脑机接口设备的安全性以及脑机接口使用者的风险和受益平衡问题^[4]。脑机接口技术的应用会存在怎样的风险, 我们如何认识和评价这些风险, 怎样减少和消除技术的安全风险, 确保设备的安全使用等这些问题的探讨, 在现阶段已显得尤为重要和紧迫。

1 脑机接口技术的风险问题

风险问题是影响脑机接口技术发展不可忽略

的重要组成部分。目前脑机接口技术的风险问题主要集中在技术安全风险、隐私风险、自主性风险和公平风险等方面。针对这些风险, 我们在研究、开发和推广脑机接口技术中, 应当把风险问题放在更加突出的位置, 科学、客观地评估风险, 避免给个体和社会带来不必要的危害。

1.1 技术安全风险

脑机接口技术的应用应该首先关注技术本身的安全性, 特别是当可能涉及伤害的时候, 必须将安全置于最高的地位。当前脑机接口技术最突出的安全风险就是侵入式脑机接口技术可能对人的身心带来危害。这些风险包括针对人脑的手术创伤、出血、感染等^[4]。此外, 一些潜在风险也需要我们高度关注。比如, 植入物可能会导致一些意想不到的后果, 如人的情感、个性等改变。脑芯片等植入装置长期使用也可能会引起身体的排异反应, 带来不必要的伤害。这些装置在长期与人体的接触中存在功能作用弱化的问题, 而弱化的功能可能会导致脑机接口系统的操作失误,

收稿日期: 2020-06-30; 修回日期: 2021-01-06

基金项目: 广东省教育厅课题“脑机接口技术的伦理问题研究”(2018WQNCX1481); 广州市哲学社会科学规划课题“神经增强的伦理和对策研究”(2018GZGJ192)

作者简介: 叶岸滔(1985-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为科技伦理、生命伦理。E-mail: antao.ye@gzhmu.edu.cn

增加使用者许多难以预料的风险。另外, 脑组织和植入物之间的相互运动, 也可能造成脑组织功能的改变和损伤等^[5]。

相比侵入式脑机接口技术, 非侵入式(穿戴式)脑机接口技术更容易为人所接受, 但其技术安全问题也不容忽视。首先, 脑电信号误读的伤害风险没有得到足够重视。由于颅骨对神经信号的阻挡影响, 目前非侵入式脑机接口装置难以获得持续稳定的脑电信号, 因误读而造成对人体间接伤害风险的可能性增大^[6], 特别是一些需要高精度操作的脑控动作, 例如控制轮椅过马路、驾驶汽车等, 如果因脑电信号误读造成操作失误, 造成的后果就非常严重。其次, 佩戴电极帽的长期风险容易被忽视。人在使用电极帽之后可能会有头疼、发热和视觉模糊等问题^[7], 而长期佩戴的电磁辐射问题也值得关注。尽管医疗上已经验证了一些设备的安全性, 但医疗的使用和日常生活的使用有很大的区别, 一个病人因医疗需要使用的次数是极少的, 但对于一个长期需要在日常生活中使用的人来说, 电磁辐射的伤害却是不能忽视的。另外, 因人脑的可塑性, 有学者也担心仍处于发育阶段的青少年甚至成年人长期使用脑机接口装置会使人脑发生不可逆的改变, 带来未知的负面影响^[4]。

1.2 隐私风险

由于脑机接口装置需要从大脑中提取信息, 这些提取的信息可能会被滥用或泄露, 存在很大的隐私被侵犯的风险。相比其他新兴技术, 脑机接口技术对隐私的潜在侵犯可能表现为以下两方面。第一, 未经许可收集、处理神经信息。以数字形式存储的神经信息可能更容易被黑客或非法获得授权的公司悄悄收集^[8]。在互联网时代, 这种神经信息隐私泄露带来的后果更加严重。理论上, 他人可以直接通过连接到网络的脑机接口系统遥控获取人脑中的信息, 并且能通过互联网直接广泛、迅速地传播, 对隐私的潜在危害很大。

如果说人为的信息泄露和传播可以通过健全相关工作制度等加以预防和控制的话, 那么来自系统本身的不安全缺陷所造成的信息泄露则更加难以防控。这些问题将会导致一种新的现象, 那就是脑机接口装置可能会让无线控制或者远程监控大脑变为现实。第二, 泄露人的思维信息。思维信息可能是所有信息中最为隐私的, 如果神经信息能够被脑机装置准确解读, 那么人的思考过程和思考结果就可能被推断出来, 人的思维有可能被泄露或窃取。收集和分析人的思维信息, 带来的担忧更多。虽然脑电波信号不能直接表现为人脑的具体意识, 但脑电波的变化很有可能显示出使用者的喜怒哀乐等情绪反应以及各种倾向偏好等, 经过解读分析有可能推断出个人的兴趣爱好、情感等, 特别是在市场营销上, 商家可能会通过脑机接口技术来更有针对性地投放广告, 判断顾客的消费偏好和购买意向, 进而分析其消费行为和消费能力等^[9], 有可能造成新的不公平买卖或者有意的诱导消费等等。

1.3 自主性风险

未来我们是否会因为使用脑机接口装置而失去自我控制, 这是人们非常关注的问题。从理论上讲, 在脑机接口系统中, 人脑能向外部传输命令信息, 同样也有可能收到来自外部的命令信息。这样的设计可以作为装置的“纠错机制”, 在危险的时候保护使用者的安全。例如智能轮椅可能会采取类似的设计来避免危险, 当人坐在轮椅用思维控制左转时, 刚好探测到左边有障碍物或危险, 就会把这个信号传回大脑, 阻止大脑做出左转的错误判断。然而, 这里存在的争议就是, 面对这样的装置, 人的自主性如何体现? 到底是装置在控制人还是人在控制装置?^[10]

一般而言, 一个自主的人应该能够按照自己的欲望、价值、情感和计划等决定行动。如果这些都与人的行动不一致的话, 那么这个人可能就缺乏自主性。从这个意义上讲, 脑机接口装置通

过逆向传递信号来改变人的思维命令，从而避免错误的危险操作，这样的行动可能会导致使用者无法根据自己的意愿来行动，从而导致人们失去自我控制。但是，如果装置仅仅是阻止信号从人脑传递到外部设备，那么使用者在一般意义上依然是自主的。另外，脑机接口也可能被第三方利用来操纵他人，比如强制购物等，这些似乎预示着脑机接口装置可能会潜在侵犯使用者的自主权，我们更要正视这种行为控制所造成的自主性丧失。

1.4 社会公平风险

脑机接口技术的应用可能会带来社会不公的风险。这种不公平问题主要表现在两个方面，一是如何公平地使用脑机接口技术，二是如何公平地获取脑机接口技术。在如何公平地使用脑机接口技术方面，人们主要担心脑机接口的使用会加剧竞争领域中的不公平。比如，在竞技体育中，有些人可能借助脑机接口外部装置来获得更好的体能、耐力等，使用者相比未使用者而言可以获得更好的成绩，导致不公平的竞争，违背体育竞技的精神。在教育领域，脑机接口装置可能具有增强认知功能的潜力。使用者如果使用脑机装置来了解注意力集中程度以及认知负荷水平，可能在各种学习竞争中获得别人所没有的优势。2019年，一款名为“赋思头环”的脑机接口设备的推广应用曾引起极大争议^[11]。推广者宣称，这种设备可以监测学生的脑电波，由此判断学生是否集中了注意力，以达到改进教学和学习方法目的，最终提升成绩。但更多人担心，这样的设备可能会让学生处处受到监控，并且在竞争中带来更多的不公平，使用者会获得别人所没有的优势，未使用者只有被迫使用才能弥补这样的劣势。另外，未来脑机接口技术的应用可能还会导致司法领域的不公平。如果有人可以通过脑机接口装置获得更强的认知能力，并增强注意力、记忆力等，那么他就可以在法庭上通过严密因果推理分析，轻

易地逃避定罪或者通过技术优势赢得官司，而没有使用这些装置的人却会处在不利的环境之中，可能会给未来的司法公平带来不少挑战。

在如何公平地获取脑机接口技术方面，人们主要担心设备的可及性问题。社会上并非每个人都对这些设备具有支付能力，可能会变相地使得一部分人特别是低收入者无法使用脑机接口装置，无法分享脑机接口技术的成果和好处。因此脑机接口技术的使用可能最终成为一些有钱人享有的特殊待遇，并不能惠及公众。并且，与其他高新技术产品所类似，潜在用户的知识和技能水平也会妨碍到脑机接口装置为更多人所及和普惠，比如老年人的使用与接受问题，部分老年群体可能会由于新工具的出现而在生活中带来不便、在竞争中受到损害。同时，由于脑机接口装置需要定期和具有挑战性的高强度训练，这些可能会对使用者和他们的家庭带来身体、情感和经济上的压力^[4]，导致脑机接口装置使用的机会成本比较高，容易使得一部分使用者放弃。当社会的某些健康群体可以使用脑机接口技术来增强“正常”之外的潜力的时候，那些坚持自我提升的人，他们可能会在生活、教育等方面处于竞争劣势，造成社会分层或加剧人与人之间的差距。如果不加以管控，我们的社会将面临更多的公平挑战^[12]。

2 脑机接口技术的风险评价

目前，对于脑机接口技术的应用，有两种截然不同的态度。一种是悲观主义观点，认为脑机接口技术风险极大，是对现有自然秩序的威胁，对脑机接口技术的发展持完全反对态度。另一种是乐观主义观点，认为脑机接口技术会给个体和社会带来巨大好处，他们欢迎生物技术对人类的各种改进，完全支持脑机接口技术的开发和应用^[13]。这两种态度其实都不是全面和客观的，对脑机接口技术的风险问题缺乏理性认识。技术的发展和运用往往伴随风险，几乎没有活动或系统

是零风险的。一方面, 如果某项技术具有潜在风险我们就坚决反对, 那么我们的科技无法进步; 另一方面, 如果只看到科技的正效应而忽略了其负效应, 就可能会给我们的个体和社会带来很大危害, 从根本上说也不利于技术的发展。脑机接口技术的研发和应用中存在的许多风险, 需要我们理性地认识与评价。

2.1 脑机接口技术风险是客观的和变化的

技术的创新往往伴随着风险。对许多新兴技术而言, 潜在和未知的风险是客观存在的, 技术的发展一定程度上也是一个不断发现风险、消除风险的过程。目前来看, 几乎没有绝对安全的创新技术。我们强调技术的应用要避免对人和社会造成不必要伤害, 并不是必须确保或追求一种完全没有风险的技术。作为一种新兴技术, 脑机接口技术的风险也是客观存在的, 那些认为需要彻底消除了所有技术风险才允许推广应用的看法并不可取, 也不符合技术发展进步的内在规律, 脑机接口技术的风险问题和技术的推广应用并不是非此即彼的二元对立。

脑机接口技术的风险也并非固定不变, 而是随着技术的变化而变化。一方面, 人们对技术的风险认识是动态的。在技术发展的初始阶段, 我们有时可能难以全面地识别潜在的风险, 对风险缺乏科学认识和有效应对, 潜在的风险就相对高一些。比如深度脑部刺激技术 (DBS), 到目前为止, 科学界关于 DBS 对正常人脑的影响尚不清楚, 如果现阶段贸然在人类患者中进行研究, 风险极高, 也不道德^[9]。而随着人们对技术了解的逐渐深入, 许多风险能够被识别和预见, 技术带给我们的风险也相对低一些。正因为有这样的认识, 我们在技术研发和推广的时候更需要树立科学理性的风险观, 重视脑机接口技术的风险评估。

另一方面, 技术风险本身也在不断变化。原本危险的技术可能会因为技术的成熟而变得安全, 而原来被认为是安全的技术, 也可能因为技

术的不断创新给人们带来新的危险。比如, 在很长一段时间里, 人们认为侵入式脑机接口需要通过传统开颅手术来实现, 由于此种方式侵入性太大, 使用者面临的风险是极高的。但最近马斯克与 Neuralink 公司团队展示的脑机接口连接方法却只需在耳后植入一根导管, 他们表示相比传统开颅手术, 这种方法对大脑的损伤更小, 风险也降低^[3]。如果未来有更创新的植入技术, 可能还会继续降低各种创伤风险。这种情况下, 我们还会继续使用原来的风险标准来评价改良后的脑机接口技术显然是不客观, 也是不公平的。因此, 我们对脑机接口技术的风险认识和评价也应该随着技术的发展而变化。

2.2 平衡风险受益是关键

正因为创新技术的推广和应用并不能排除一切风险, 因此, 一方面我们需要更加重视风险问题, 不能因技术应用而给社会、公众带来不必要的伤害; 另一方面, 我们还要把风险控制在人们可以接受的范围之内。为了确定风险是否可以接受, 平衡风险受益是关键。当一种行动带来的受益明显大于带来的风险的时候, 我们就认为风险是可以接受和容忍的。

从目前来看, 脑机接口有两种主要的应用, 一种是以治疗为目的的应用, 一种是以增强为目的的应用。脑机接口技术的风险是否可以接受, 要根据其应用的目的具体问题具体分析。从目前来看, 以治疗为目的的脑机接口技术带来的风险容易被接受, 风险受益容易平衡。脑机接口技术可以修复和代替神经功能, 对于那些完全失去运动功能的病人来说, 脑机接口装置可能是唯一代替和修复的方式。因此, 对于这类使用者而言, 脑机接口技术的使用能给他们带来无可替代的巨大便利, 较小的伤害甚至侵犯隐私和干扰自主性等较大的风险, 不能对其使用脑机接口技术的伦理辩护造成根本影响, 因为人类的身体健康和功能健全是我们优先考虑的。

然而，对于以增强为目的的脑机接口而言，其风险受益分析需要考虑的问题比较多，使用增强目的脑机接口技术更需要谨慎评估其潜在的益处和风险。首先，在现有技术的前提下，脑机接口的技术安全风险不能排除，特别是侵入式的脑机接口应用对人带来的伤害比较大，如果不是无可替代的治疗需要，其带来的风险很可能大于受益。其次，脑机接口应用还存在隐私泄露的风险，在目前的隐私政策下，隐私保护还存在不少漏洞，未来的隐私风险是否盖过潜在的受益，我们在应用的时候必须认真权衡。如果因增强健康人的机能而造成人的隐私在某种程度上被侵犯或者自主性受限等，可能会得不偿失。另外，从社会角度来看，以增强为目的的脑机接口技术的应用，会挑战社会公平，如果应用在军事领域，还可能使这个社会增加更多的不安全和不稳定的因素。因此，现阶段以增强为目的的脑机接口应用的风险可能大于受益，其风险水平目前还难以被接受，我们在推广此类目的应用的时候需要权衡利弊，谨慎对待。

2.3 风险的评估存在不确定性

尽管风险受益的分析方法对脑机接口技术的风险认识和评价具有清晰、简洁的优势，但我们也应该看到，目前的风险受益评估还存在很多限制和不确定性。第一，风险和受益的量化上具有不确定性。风险评估的前提是必须分辨出风险和受益并把它们量化，越多的风险和受益能够被客观度量，对风险的评估也就越准确。在脑机接口的研发和应用阶段，我们不可能在短时间内准确预料到所有的风险，许多更严重的风险可能还没有被我们所熟知。同时，科学界还缺乏关于脑机接口技术优势的数据或研究^[14]，甚至一些研究者也认为，脑机接口技术存在不同的好处和风险，但不确定当前的益处是否超过了风险，我们仍需要更多的实证研究^[15]。另外，脑机接口技术的隐私风险、自主性风险和公平风险等，很难进行量

化，只能做定性分析，这种纯粹的定性分析，其权威性和合理性有多大还需要斟酌。因此，脑机接口技术风险受益评估的准确性会大打折扣，社会和学术界难以形成一致的客观判断，也会让风险评估多了很多主观性，缺乏客观依据，过分依赖风险受益评估并不可取。

第二，风险评估主体具有不确定性。风险的可接受性是因人而异的，对于同一技术，不同主体对它的认知是可以不同的。在脑机接口技术面前，严重残疾的患者可能更容易接受或忽略更高的风险，包括手术风险和认知障碍等，因为对他们来说，这可能是不得已的机会^[4]。因此，现有的风险评估体系在弱势群体的关注上可能还存在不少问题。

3 脑机接口技术的风险应对

尽管当前脑机接口技术大多尚处在实验阶段，还没有真正地推广应用，但随着技术的快速发展，我们可以预见，在不久的将来脑机接口技术会对人类和人类社会产生深刻影响。一方面脑机接口技术在医疗、科学研究等方面具有重要意义；另一方面，脑机接口也会存在许多诸如隐私侵犯、自主性干扰、社会不公等风险问题。因而，我们要充分重视脑机接口的风险，并积极应对相关风险。

3.1 善于识别风险

风险虽然不能消除，但是可以预防，而预防的关键在于识别风险。善于识别风险是技术研究者的伦理责任。研究者不仅需要关注技术的发展和进步，也需要主动关注和重视相关伦理问题以及技术对社会的影响。作为研究主体，准确、全面地预见技术应用的潜在风险，避免技术的应用给他人和社会带来不必要的伤害，是一种基于职业精神的责任担当。识别和探索脑机接口技术的风险是包括工程师、神经科学家、医生等整个脑机接口研发与应用领域主体的公共义务，研究者

应该能够识别风险并以可理解的方式传达给被研究对象, 这有助于在脑机接口研究中建立和维持一种重视伦理的文化和氛围^[16]。脑机接口技术研究和应用会给个体和社会带来不少风险和后果, 研究者在技术的推广应用中应该能认识到这些风险, 并从技术层面加强脑机接口装置的安全性, 推动技术的不断完善和进步。具体而言, 至少要做到两点。第一, 对一些具有共性的风险问题要能进行有效识别。脑机接口技术与其他新兴科学技术类似, 具有一些普遍的风险问题, 如伤害风险等。对这类风险, 科学界应该认真分析, 查找风险发生的原因, 提出预防类似风险的措施, 避免类似伤害的发生。第二, 对一些特殊性的风险问题要能进行有效预测。脑机接口技术会带来一些特殊风险, 如脑隐私的侵犯等。我们需要预判这些风险发生的概率, 提前做好应对风险准备。

3.2 科学评估风险

在技术设计和研发阶段进行科学的风险评估, 是降低技术负效应, 促进技术和人类社会和谐发展的重要举措。脑机接口技术的研究者应该对技术的应用所引发的社会后果进行科学评估, 在研究活动中要考虑技术风险问题, 如果其中的技术应用会给个体和人类带来灾难性的后果, 那么就应该严加控制相关的研究和应用。脑机接口技术的应用也应该要考虑到, 它的预期收益与风险的代价是否达到一个合理的水平, 研究参与者的风险是否最小化; 使用者的隐私能否得到切实的尊重和保护, 即便出现隐私的泄露是否也在预期和可控范围内; 短期内是否会因某些群体的使用而造成社会的普遍不公, 社会的公平公正问题能否得到保障等。

脑机接口的风险评估, 关键在于建立和完善一个科学的、多元的风险评估体系。现有的风险受益评估方法, 虽然存在不少局限和困难, 但目前来看这套方法仍然具有它的客观性和系统性。与此同时, 我们也可以通过强化公众参与, 强化

评估主体的责任, 坚持信息公开等来加以完善。

3.3 向公众提示风险

近几年, 公众对新兴科学技术尤其是其风险问题的关注度越来越高, 因此新兴科学技术的推广和应用应该遵循公开透明原则, 及时向公众提示技术的风险。向公众提示风险, 既可以减少公众对技术的疑虑, 也由于公众提前做好了准备而可能减少风险的进一步传递, 实质上是有利于技术的健康稳步发展的。向公众提示风险, 最有效的办法是在应用中积极落实知情同意原则和规范。

脑机接口技术的应用存在不少风险, 研究者应该将这些风险及时、充分告知使用者, 给予他们足够时间和机会去权衡利弊, 避免技术的使用者在不知情的情况下做出使用技术的决定。首先, 要对病人或受试者理解力进行充分评估。脑机接口技术的应用很多情况下面对的是那些缺乏完全认知能力或者只有部分认知能力的病人, 在应用中要重视这类群体对风险信息及时了解^[17], 以便他们能做出理性的选择。但这类使用者的理解能力是不清楚的, 必须采取一切必要的措施进行理解力的评估。其次, 要对病人或受试者进行充分的信息告知。使用之前, 研究者或医生应该最大限度地掌握的信息告知病人或受试者, 特别是它可能潜在的风险。另外, 还要确保信息能获得准确理解, 确保病人或受试者的自主同意等。

3.4 积极管控风险

随着脑机接口技术的发展, 制定一些具体伦理准则和管理规范是积极管控风险的重要举措。目前, 关于脑机接口技术的研究和发展还没有形成相应的伦理准则和管理建议, 没有提出脑机接口技术发展应用的伦理准则, 对研究人员的一些具体行为还缺乏足够有力的约束。因此, 提出适合脑机接口技术研究发展的伦理原则和管理建议是我们重要的研究目标。比如, 在宏观层面, 需要研究和建立符合脑机接口临床试验实际的伦理审查评估机制, 制定相关伦理审查、评估的标

准和体系等。而在微观层面，比如隐私保护等具体问题上，要制定相应的隐私规范条例，规范和约束相关的研究主体和行为。严格落实授权收集信息数据原则，任何数据应该都要经过用户授权，通过合法和公平的方式获得。在自主权和责任区分上，我们也要明确相关标准和规范，如果因脑机接口装置导致人们失去自我控制，由此造成的伤害，谁需要承担责任以及承担多大的责任等都需要有明确解释。

4 结语

新兴科学技术会对人类个体和社会造成深远影响，重视新兴科学技术的安全风险显得尤为重要。脑机接口技术为身体有缺陷的人群提供了突破身体限制的可能，也让健康人群有了提升身体和认知能力的巨大机会，但脑机接口技术的进步也伴随着许多潜在风险，如技术安全、隐私、自主性、公平等。面对这些风险，我们应该认真对待并做好充分的准备，特别是要理性看待和评价其风险，采取积极措施科学、有效应对风险，既要避免对技术的盲目自信，也要避免对技术的过分恐慌。然而，现阶段我们对脑机接口技术的风险评价还存在不少局限性。比如，对潜在的风险认识还缺乏实证数据的支持，对具体的风险分类、评价方法还缺乏统一的科学标准等，这些都在一定程度上限制了我们对脑机接口技术的风险认识和评价。在未来的研究中，一方面我们期待科学界加强相关研究和创新，以减少技术的安全缺陷，降低安全风险；另一方面，我们更需要继续深入讨论和思考如何树立和提高研究者和公众的风险防范意识，研究如何建立和完善脑机接口技术的风险评价或预警体系，如何完善相关伦理道德准则和法律规范，如何构建脑机接口发展与应用的监管机制等方面的内容，使技术的进步与社会的发展处在一个良性的轨道上，实现脑机接口技术的健康可持续发展。

参考文献

- [1] Vlek R J, Steines D, Szibbo D, et al. Ethical issues in brain-computer interface research, development, and dissemination[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2012, 36(2): 94-99.
- [2] Müller O, Rotter S. Neurotechnology: Current Developments and Ethical Issues[J]. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2017, (11): 1-2.
- [3] Pedersen N, Bjerring J C. Extended knowledge overextended? [M]. Palgrave Macmillan, 2021: 1-28.
- [4] Burwell S, Sample M, Racine E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review[J]. *BMC Medical Ethics*, 2017, 18(1): 1-11.
- [5] Clausen J. Man, machine and in between[J]. *Nature*, 2009, 457(7233): 1080-1081.
- [6] Tamburrini G. Brain to computer communication: ethical perspectives on interaction models[J]. *Neuroethics*, 2009, 2(3): 137-149.
- [7] Drew L. Agency and the algorithm[J]. *NATURE*, 2019(571): 19-21.
- [8] Zdravkova K. Ethical Concern of Brain-Computer Interfaces[J]. *Neuroethics*, 2009, 2: 137-149.
- [9] Jebari K. Brain Machine Interface and Human Enhancement – An Ethical Review[J]. *Neuroethics*, 2013, 6(3): 617-625.
- [10] 叶岸滔. 脑机接口技术：伦理问题与研究挑战[J]. *昆明理工大学学报：社会科学版*, 2016, 16(6): 8-14.
- [11] 张海英. “新技术”进校园不能太随意[N]. *健康报*, 2019-11-07, 第 002 版.
- [12] 叶岸滔. 脑机增强：公平问题及其反思[J]. *医学与哲学*, 2020, 41(6): 32-34.
- [13] Schermer M. The Mind and the Machine. On the Conceptual and Moral Implications of Brain-Machine Interaction[J]. *Nanoethics*, 2009, 3(3): 217-230.
- [14] Haselager P, Vlek R, Hill J, et al. A note on ethical aspects of BCI[J]. *Neural Networks*, 2009, 22(9): 1352-1357.
- [15] Nijboer F, Clausen J, Allison B Z, et al. The Asilomar Survey: Stakeholders' Opinions on Ethical Issues Related to Brain-Computer Interfacing[J]. *Neuroethics*, 2013, 6: 541-578.
- [16] Klein E. Informed Consent in Implantable BCI Research: Identifying Risks and Exploring Meaning[J]. *Sci Eng Ethics*, 2016, 22(5): 1299-1317.
- [17] 陈丽娜, 王大洲. 脑机接口负责任创新研究进展[J]. *工程研究-跨学科视野中的工程*, 2019, 11(4): 390-399.

Risk Assessment and Possible Solutions of Brain-Computer Interface Technologies

Ye Antao

(School of Marxism, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, China)

Abstract: There has been rapid development in Brain-computer interface (BCI) technology in recent years, the current research results indicate that BCI are characterized not only by high values of application but also by broad prospects of application. However, some potential risks are accompanied by the rapid development of BCI technology, such as technical security risk, privacy risk, autonomy risk and fairness risk. On the whole, these risks are objective and dynamic. Whether we can use these technologies depends on the balance of the risks and benefits. We should pay full attention to the risks of brain-computer interfaces, and respond to them from four aspects: identification of risks, assessment of risks, warning of risks, and control of risks.

Key Words: brain-computer interface; ethics; risk