

DOI:10.12405/j.issn.2097-1486.2026.02.009

从“偶然性突破”到“应激性治理”:CRISPR/Cas9 技术发展路径的伦理审视

傅星源*

山西大学哲学学院,山西太原 030006

摘要:CRISPR/Cas9技术的崛起不仅带来了生命科学的范式革命,更以其尖锐的伦理挑战凸显了技术能力与伦理规范之间的制度性脱节。本文旨在通过剖析CRISPR/Cas9从基础发现到工具化应用,乃至“贺建奎事件”引发全球震荡的历程,论证其发展史是一部“偶然性技术突破”与“应激性全球治理”相互缠绕的历史。这一历史轨迹深刻揭示了在“后常规科学”时代,传统治理模式在应对颠覆性技术时的局限性,并凸显了构建包容、前瞻且富有韧性的伦理治理新范式的紧迫性。

关键词:CRISPR/Cas9;基因编辑;科技伦理;后人类主义

中图分类号:G301

文献标志码:A

文章编号:2097-1486(2026)02-0192-11

From “contingent breakthroughs” to “reactive governance”: an ethical examination of the developmental path of CRISPR/Cas9 technology

FU Xingyuan*

School of Philosophy, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

Abstract: The rise of CRISPR/Cas9 technology has not only triggered a paradigm shift in the life sciences, but also, through its acute ethical challenges, highlighted the institutional disconnect between technological capabilities and ethical norms. By analyzing the journey of CRISPR/Cas9 from its fundamental discovery to its instrumental application, including the global repercussions of the “HE Jiankui incident”, this paper argues that its history is intertwined with “contingent technological breakthroughs” and “reactive global governance”. This trajectory profoundly reveals in the era of “post-normal science” the limitations of traditional governance models in addressing disruptive technologies, and underscores the urgency of constructing a new ethical governance paradigm that is inclusive, forward-looking and resilient.

Keywords: CRISPR/Cas9; gene editing; science and technology ethics; posthumanism

自21世纪以来,以CRISPR/Cas9(成簇规律间隔短回文重复序列及其相关蛋白9)为代表的基因编辑技术以其前所未有的精准性、便捷性与低成本,引发了生命科学领域的范式革命,其影响已远超实验室范畴,深度介入人类生殖、医疗、农业乃至生态改造,重塑着我们对生命、自然乃至人类自身本质的理解。这一技术浪潮不仅标志着生物技术能力的又一次跃迁,更以其尖锐的伦理挑战和复杂的社会治理难题,成为

审视当代科技发展逻辑、科学共同体行为模式以及全球科技治理体系有效性的一个极具代表性的“历史实验室”。从科技史视角看,其发展轨迹并非线性规划的结果,而是基础科学研究中偶然发现与应用导向的工程思维碰撞、汇聚的产物,充满了未被预设的突破与意想不到的转折,生动诠释了“巴斯德象限”中由好奇心驱动的基础研究如何孕育出颠覆性应用。从科技与社会(Science, Technology and Society, STS)及

*通信作者

基金项目:山西省社科联重点课题“基于生命与技术汇聚路径的科技伦理学”(SSKLZDKT202520)

收稿日期:2025-12-17;修回日期:2025-01-16

科技伦理视角看,CRISPR/Cas9的快速应用与全球性伦理争议、监管博弈紧密交织,尤其以2018年的“贺建奎事件”^①为标志性节点,暴露了前沿技术研发的激进步伐与既有伦理规范、法律框架及国际治理机制之间严重的“制度性脱节”。这种脱节并非简单的监管滞后,更深刻地反映了在技术能力急剧扩张的“人类世”^②语境下,传统基于国家主权和事后反应的治理模式在应对具有全球性、可遗传性且深度触及人类本体论边界的技术时,所面临的系统性困境。因此,对CRISPR/Cas9技术发展史与全球治理实践史进行系统性的整合研究,不仅能够丰富中国语境下的尖端技术科技史叙事,更能为理解与构建适应新兴技术特性的敏捷、协同、前瞻的治理范式提供关键的历史镜鉴与理论资源,具有重要的学术价值与现实意义。

当前,围绕CRISPR/Cas9的科学外史研究已形成庞大谱系,但学科间对话与整合仍有深化的空间。在科学技术史与科学社会学领域,研究多聚焦于技术发明的优先权争议、关键科学家的个人贡献与竞争叙事,或是对其作为“工具”的进化生物学起源进行细致梳理。这些工作夯实了技术发展的微观史基础,但往往将技术视为一个相对封闭的科学系统内部的产物,对于其如何被不同的社会行动者(如跨国药企、风险投资、伦理审查机构、社会运动、国家政策制定者)所塑造、争夺与规训,以及这一过程如何与更宏大的政治经济结构和意识形态变迁相关联,则着墨相对有限。在生命伦理学与科技政策领域,大量文献致力于探讨该技术应用引发的具体伦理问题,如人类胚胎基因编辑的“治疗”与“增强”界限、基因驱动技术的生态风险、基因编辑产品的公平可及性,以及“基因编辑婴儿”事件对生命伦理基本原则(如自主、不伤害、公正)的冲击。相关研究也密切关注并评述了世界卫生组织(World Health Organization, WHO)、国际干细胞研究学会(International Society for Stem Cell Research,

ISSCR)、各国科学院及政府机构发布的一系列伦理指南、专家共识与政策文件。然而,现有伦理与政策分析多侧重于对既成规范文本的解读和原则性辩论,对于这些规范是如何在特定的历史情境下、通过怎样的跨国科学与政治的互动(如国际峰会、科学家联名信、行业自律宣言)被艰难地生产出来,其效力与局限性何在,以及不同国家(尤其是中美欧)在治理理念、路径与监管实践上的差异及其地缘政治意涵,尚缺乏从长时段和比较制度视角进行的系统性历史社会学剖析。在哲学与人文社科领域,CRISPR/Cas9则被置于“后人类”“超人类主义”与“人类世”等宏大理论框架下进行思考。学者们以此为契机,重新拷问“何以为人”“自然与人工的边界”“生命作为可编程信息”等根本性问题。齐泽克(Slavoj Žižek)等思想家对当代资本主义意识形态的批判,尤其是对技术解决方案主义(techno-solutionism)和“幻象的瘟疫”的分析,为理解基因编辑技术如何被嵌入新自由主义的叙事逻辑,即将其呈现为个体健康优化、消除生物性“缺陷”乃至应对未来风险的万能工具,同时遮蔽其可能加剧的社会不平等与新型控制形式提供了锐利的理论工具。相关研究揭示了技术如何与资本、权力共谋,生产出新的主体性形式和生命政治管理策略。然而,这类哲学批判虽极具启发性,但有时过于抽象,与具体的技术发展史、治理实践史之间存在一定的“阐释距离”,未能充分将技术物自身的偶然性发展轨迹、科学共同体内部的分化与博弈,以及全球监管网络的动态建构过程,纳入其批判性分析的实体性内容之中。

鉴于此,本文旨在超越单一学科视角的局限,尝试进行一次科技史、STS研究与科技伦理/治理研究的整合性探索。本文的核心论点是:CRISPR/Cas9的历史是一部“偶然性的技术突破”与“应激性的全球治理”相互缠绕、彼此塑造的历史,其发展轨迹揭示了当代“技治主义”^③愿景的局限,并凸显了

① 2018年11月,原南方科技大学副教授贺建奎及其团队对外宣布,他们利用CRISPR-Cas9基因编辑技术,对一对双胞胎胚胎的CCR5基因进行了人为编辑,并使其诞生。该实验旨在使婴儿获得对艾滋病的先天免疫能力。此事件因在科学必要性、安全性(存在潜在脱靶风险)、伦理审查(知情同意过程、绕过监管)以及可遗传基因组编辑的长期社会影响等方面存在严重问题,引发了全球科学界的强烈谴责。该研究被普遍认为是严重违反科学伦理与规范的案例,贺建奎本人后因非法行医等罪名被我国司法机关依法追究刑事责任。

② “人类世”(the Anthropocene)是一个被广泛讨论但尚未被国际地层学委员会正式批准的地质年代单位,用以描述地球最近的历史。其核心观点是,自18世纪末工业革命开始,人类活动(如化石燃料燃烧、大规模土地改造、塑料污染等)对地球的地质、生态系统和气候产生了全球性、深远且持久的影响,其效应已在地质层中留下了显著的、可辨识的印记。目前科学界讨论的“人类世”起点候选包括工业革命初期、原子时代开始(放射性核素沉降)等。此概念不仅是一个地质学提案,更是一个强调人类对地球系统负有巨大责任的跨学科思想框架。

③ “技治主义”(Technocracy)是一种主张由科学技术专家(如科学家、工程师、经济学家等)基于专门知识和实证数据分析,而非政治考量或公众意见,来主导社会管理与决策的治理理念。其思想源于19世纪的圣西门、20世纪初的索尔斯坦·凡勃伦(Thorstein Veblen)及20世纪30年代的“技术统治运动”(Technocracy movement)。其核心观点认为,复杂的社会、经济与工业系统应像工程问题一样,由掌握专业知识的精英进行“科学管理”和理性规划,以实现最高效率和最优决策。该理念与20世纪的现代化工程思维、科学管理主义紧密相连,并在当代关于算法治理、专家政治与民主关系的讨论中持续引发争议。中文亦常译为“技术统治”或“专家治国”。

在“后常规科学”时代,构建一种能够容纳更多元声音、更具前瞻性与韧性的“技术民主”治理模式的紧迫性。本文将遵循以下思路展开:首先,将细致梳理CRISPR/Cas9从原核生物免疫机制的基础研究到成为通用基因编辑工具的转化历程,重点分析其中多个关键节点的偶然性与非预期性,以及不同科研范式、学科背景的科学家在其中扮演的角色,揭示突破性生物技术何以是“层累地造成”而非单纯“规划出来”的。其次,本文将系统追溯自2012年技术突破以来,国际科学共同体、伦理学界、各国政府及国际组织对该技术的反应链条,从早期的学术伦理讨论、行业自律倡议,到“贺建奎事件”引发的全球性伦理震荡与紧急刹车,再到当前试图建立更具约束力的全球治理框架的艰难努力。这一部分将着重分析不同行动者的话语策略、利益诉求与权力互动,展现“治理”如何作为一个动态的、充满争议的实践过程而展开。最后,将简要探讨CRISPR/Cas9技术及其引发的治理困境对传统人文社会科学概念的冲击,特别是它如何迫使我们“在人类世”的危机感中,重新思考“自然”“生命”“责任”(尤其是代际责任)与“全球公共善”等范畴的哲学与伦理内涵。通过这三部分的递进式论述,期望能贡献一个既扎根于具体技术史实,又贯通科技社会分析与哲学反思的综合性研究框架,为理解当代生物科技革命及其治理挑战提供一个更立体、更动态的历史与理论图景。

1 CRISPR/Cas9的发现与早期发展史

在CRISPR/Cas9以其革命性的便捷与精准重塑整个生命科学领域之前,基因编辑的梦想早已在科学家的实验室中酝酿。其前奏是两代更为复杂和昂贵的基因编辑工具:锌指核酸酶(ZFN)与转录激活因子样效应物核酸酶(TALEN)的探索与局限。ZFN技术诞生于20世纪90年代,其原理是基于锌指蛋白模块对特定DNA三联体序列的识别能力,将之与DNA切割结构域(如FokI核酸酶)融合,从而实现基因组特定位点的靶向切割。随后在2009年前后,基于植物病原菌黄单胞菌分泌的TAL效应蛋白的DNA识别模块发展而来的TALEN技术,进一步提升了设计的可预测性和靶向范围。这两种技术共同证明了“可编程核酸酶”概念的可行性,即通过人工设计蛋白质来识别并切割特定的DNA序列,从而利用细胞自身的修复机制(主要是易出错的非同源末端连接,NHEJ,或相对精确的同源定向修复,HDR)实现基因的敲除、插入或修正。

然而,正如技术史中常见的“先驱困境”,ZFN与TALEN虽具开创性,却因其固有的技术瓶颈而难以普及。ZFN的设计高度复杂,其模块化组装常受上下文序列影响,导致成功率低且成本极其高昂;TALEN虽在识别特异性上有所改进,但其蛋白质元件的克隆与验证过程依然繁琐耗时。更重要的是,为每一个新的靶点从头设计和构建一套全新的、有效的蛋白质工具,是一项专业门槛极高、周期漫长的工作。这使得它们更像是少数顶尖实验室才能驾驭的“定制化精密仪器”,而非可供广大科研工作者随意取用的“通用型分子剪刀”。它们为基因编辑铺平了道路,证明了其理论可能性,却也清晰地标示出技术普及所面临的效率与成本壁垒。正是这一背景,使得随后登场的CRISPR/Cas9所带来的颠覆性简化,显得尤为震撼与及时。

CRISPR/Cas9的故事,其开端与“基因编辑”这一宏伟目标毫无关联,它始于微生物学领域一个看似微不足道甚至令人困惑的观察。1987年,日本大阪大学的石野良纯(Yoshizumi Ishino)团队在研究大肠杆菌的碱性磷酸酶基因时,意外地在基因下游发现了一组不同寻常的重复序列:五个高度同源的29碱基对重复片段,被看似随机的32碱基对间隔序列所分隔。他们在论文中如实记录了这一奇特结构,但坦言对其功能“完全是一头雾水”^[1]。这一发现石沉大海,在随后近十年里几乎没有激起任何涟漪。直到1990年代,随着更多微生物基因组数据的积累,类似的规律间隔成簇短回文重复序列(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats,即CRISPR)在不同古菌和细菌中被独立发现,其普遍性才开始引起注意。西班牙阿利坎特大学的弗朗西斯科·莫西卡(Francisco Mojica)是这一阶段的关键人物。通过对大量微生物基因组的系统性分析,他不仅确认了CRISPR序列的广泛存在,更敏锐地意识到这绝非基因组中的“垃圾DNA”或无意义的重复。他推测,这些序列可能承载着某种尚未被认知的重要生物学功能^[2]。真正的突破性假说出现在2005年。莫西卡团队通过生物信息学比对发现,CRISPR阵列中的间隔序列(spacers)与入侵细菌的病毒(噬菌体)或质粒的DNA片段高度同源。基于此,他们大胆提出:CRISPR可能是原核生物的一种适应性免疫系统,利用从既往入侵者那里捕获的“记忆片段”(间隔序列)来识别并抵御未来的同类攻击^[3]。这一革命性假说在2007年得到了实验证实。丹尼斯克公司(Danisco)的科学家在嗜热

链球菌中首次证明,当细菌遭遇噬菌体攻击后,其CRISPR阵列中会整合入新的、与该噬菌体匹配的间隔序列,并且,拥有对应间隔序列的菌株能有效抵抗该噬菌体的再次感染。至此,一个基于RNA引导的、可遗传的获得性免疫机制浮出水面。回顾这段从1987年到2007年的二十年历程,其核心驱动力纯粹是科学家对基础生命现象——细菌如何抵御病毒的好奇心探索。无论是石野良纯的偶然记录,还是莫西卡坚持不懈的比对与猜想,其初衷都远非为了发明某种基因编辑工具。这生动地体现了巴斯德象限中“好奇心驱动的基础研究”的巨大价值:对生命最基本、最神秘机制的追问,最终可能孕育出远超最初想象、足以改变世界的应用技术。CRISPR的发现史,是一部典型的“无心插柳成荫”的科学史篇章。

然而,将一项自然的细菌防御机制转化为普适性的基因编辑工具,需要另一重关键的“灵光一现”与跨学科的融合。这一转折点发生在2011年。在波多黎各举行的一次关于CRISPR的学术会议上,结构生物学家珍妮弗·杜德纳(Jennifer Doudna)与微生物学家艾曼纽尔·卡彭蒂耶(Emmanuelle Charpentier)的相遇与交谈,成为了科学史上一次著名的偶然合作。杜德纳长期研究RNA在生命过程中的作用,而卡彭蒂耶则深耕于病原菌的CRISPR系统。她们的对话将焦点引向了一个具体问题:化脓链球菌中的Ⅱ型CRISPR/Cas系统(即Cas9系统)究竟如何工作?此前研究已知该系统需要tracrRNA和crRNA两种RNA,但其具体机制犹如黑箱。两人的团队通力合作,运用生物化学与结构生物学手段,于2012年揭开了谜底。她们发现,tracrRNA与crRNA会形成一种双链RNA结构,共同引导Cas9蛋白定位到与crRNA互补的DNA靶序列上。随后,Cas9蛋白发挥其核酸内切酶活性,在匹配位点精确地切割DNA双链,造成双链断裂。这一发现本身已是重大突破,但更具颠覆性的一步随之而来:杜德纳和卡彭蒂耶意识到,这一天然系统可以被极大地简化。她们将tracrRNA与crRNA的关键功能区域融合成一条单链向导RNA(single guide RNA, sgRNA)。由此,一个由两部分组成的、极其精简而强大的基因编辑工具诞生了:一段可轻易设计合成的、约20个碱基的sgRNA负责靶向定位,一个通用的Cas9蛋白负责执行切割。2012年6月,她们在《科学》(Science)杂志上发表了题为《一种由双RNA引导的可编程DNA内切酶在细菌适应性免疫中的作用》的

里程碑论文,正式宣告了CRISPR/Cas9作为可编程基因编辑工具的诞生。这篇论文明确指出,该系统“为在体外和多种细胞类型中进行可编程的DNA切割提供了一种新方法”^[4]。与ZFN和TALEN相比,CRISPR/Cas9的优势是压倒性的:其靶向性完全由碱基互补配对的sgRNA决定,设计只需合成一段短RNA序列,成本低廉、周期极短(从数周或数月缩短至数天)、且可轻松实现多基因同时编辑。它首次将基因编辑从一项高度专业化的蛋白质工程,转变为任何具备分子生物学基础技能的实验室都能快速上手的标准化操作。由于其准确性,科学家能够使用该系统的版本(通常是CRISPR Cas9)对DNA进行精确切割以改变基因,包括人类胚胎的基因。这一“从自然机制到通用工具”的转化,固然离不开科学家卓越的洞察力和工程思维,但其起点——两位背景迥异的女科学家在学术会议上的偶然交流再次凸显了基础科学研究中非预见性合作与跨学科碰撞所蕴含的巨大创新潜能。

工具的闸门一旦打开,应用的洪流便势不可挡。CRISPR/Cas9技术从原理验证到席卷全球实验室,其速度之快在生物学史上罕见。2013年1月,麻省理工学院和哈佛大学布罗德研究所的张锋(Feng Zhang)团队,以及哈佛大学的乔治·丘奇(George Church)团队,几乎同时在《科学》(Science)杂志上独立发表论文,成功将CRISPR/Cas9系统应用于人类细胞,实现了高效的基因编辑。这彻底证明了该技术在真核生物,尤其是哺乳动物细胞中的巨大潜力。紧随其后,全球数以千计的实验室迅速跟进,将该技术应用于从基础生物学研究(如基因功能筛选、动物模型构建)到农业育种、疾病模型建立等广阔领域。技术的爆炸式扩散,与其背后蕴藏的巨大科学声誉和商业价值,不可避免地引发了激烈的所有权争夺。以珍妮弗·杜德纳和艾曼纽尔·卡彭蒂耶(代表加州大学伯克利分校等机构)为一方,与以张锋(代表布罗德研究所)为另一方的阵营,围绕CRISPR/Cas9的核心专利展开了长达数年的法律诉讼。争议的焦点在于谁最先发明了适用于真核细胞(尤其是人类细胞)的CRISPR基因编辑技术。杜德纳和卡彭蒂耶的2012年论文是工具发明的基石,而张锋团队的2013年论文则率先展示了其在复杂人类细胞中的成功应用。这场“专利战争”波及多个国家和地区,判决结果时有反复,不仅耗费了巨额的司法资源,也深刻地影响了相关技术的商业转化路径和利益分配格局。它如同一面镜子,映照出当代大科学时代一

项颠覆性技术从基础发现到应用开发过程中,学术优先权、机构利益、风险投资与国家科技竞争力之间错综复杂的博弈。与此同时,技术的临床转化尝试也已悄然开始。2016年,中国四川大学华西医院的卢铀团队开展了全球首例利用CRISPR技术编辑的T细胞治疗晚期肺癌的临床试验,标志着这项技术正式迈向人类疾病治疗的前沿。然而,所有这些在体细胞层面的应用,无论多么激动人心,都遵循着一个潜在的伦理与技术边界:其基因修改仅限于患者自身,不会遗传给后代。这一相对清晰的界限,在两年后被一位中国科学家彻底打破,从而将CRISPR技术推向了全球伦理风暴的中心,并迫使全球科学界与监管机构直面一个他们一直在试图推迟讨论的终极问题:我们是否应该编辑人类生殖系,创造可遗传的“设计婴儿”?至此,CRISPR/Cas9的早期发展史,从偶然的基础发现,到精巧的工具创造,再到激烈的商业竞争与初步的临床试探,已经为一场影响更为深远的、关于技术、伦理与人类未来的全球大辩论,搭好了舞台。

2 反应的滞后与治理的博弈:关于CRISPR/Cas9技术的全球监管与伦理争议

CRISPR/Cas9技术从一项精妙的分子工具,迅速演变为一场席卷全球的伦理与治理风暴,其速度之快,几乎让既有的社会规范与监管框架措手不及。这一历程并非简单的技术应用扩散,而是一部科学共同体从内部警觉到自我约束,再到外部监管被迫跟进的动态博弈史,深刻揭示了前沿科技“颠覆性”特质与其社会接纳、制度规训之间存在的天然张力与时间差。

技术的成功在带给研究者巨大兴奋的同时,也伴随着深切的伦理不安。作为该技术的核心开创者之一,珍妮弗·杜德纳在目睹其巨大潜力后,曾公开坦言自己经历了“做噩梦”般的时刻,梦见有人问她能否用CRISPR技术编辑人类胚胎^[5]。这种来自技术发明者自身的道德警觉,成为了科学共同体内部启动自我反思与约束的初始动力。2015年初,在美国加利福尼亚州纳帕举行的一次小型但关键的会议上,杜德纳、张锋等顶尖科学家与伦理学家、政策专家汇聚一堂,专门讨论CRISPR技术特别是其应用于人类生殖系编辑所引发的伦理问题。这次会议的核心成果,是与参会者联合在《科学》杂志上发表了一篇具有里程碑意义的评论文章,呼吁在全球范围内“暂停”(pause)任何旨在导致可遗传基因修改的人

类生殖系编辑临床应用。他们主张,在技术安全性、社会接受度以及适当的监管路径得到充分探讨之前,不应推进此类研究。纳帕会议的倡议,标志着CRISPR伦理治理的第一波浪潮——它源于科学共同体内部的自觉,试图在技术狂奔之前设立一道基于专业共识的“软性”防线^[6]。

然而,这道由科学家自发设立的防线很快便受到了试探与冲击。就在纳帕会议召开后不久,2015年4月,中国中山大学的黄军就团队在《蛋白质与细胞》(*Protein & Cell*)期刊上发表了全球首篇关于利用CRISPR/Cas9编辑人类胚胎的研究论文。该研究使用的是因异常受精(三原核)而无法发育成存活婴儿的胚胎,旨在修正导致 β -地中海贫血症的基因缺陷^[7]。此后,国际研究也很快将CRISPR/Cas9推入人类胚胎研究现场。2016年,英国人类受精与胚胎管理局(HFEA)批准Francis Crick Institute的Kathy Niakan团队在人类胚胎研究中使用基因编辑技术^[8],但明确要求取得伦理批准,且禁止将经编辑胚胎移植入人体^[8];该研究目的在于探索早期胚胎发育与不孕机制,而非建立妊娠。与此同时,瑞典卡罗林斯卡医学院Fredrik Lanner团队也在伦理许可下尝试利用CRISPR/Cas9研究健康捐赠胚胎中的早期发育基因功能^[9]。2017年,美国俄勒冈健康与科学大学等机构在《自然》发表研究,报告了在人类植入前胚胎中纠正与肥厚型心肌病相关的MYBPC3突变的尝试,但研究者亦强调,距离临床应用仍需解决可重复性、安全性与监管等问题^[10]。上述案例表明,CRISPR人类胚胎研究并非中国一国现象,而是在英国、瑞典、美国等多地先后出现;但这些研究大多被限定在基础研究或临床前研究范围内,并以“不移植、不妊娠、限期培养”为基本伦理边界。

回顾2015年12月在华盛顿召开的首届人类基因组编辑国际峰会,此峰会汇聚了全球该领域的顶尖科学家、伦理学家、法学家及政策制定者。经过激烈辩论,峰会最终声明达成了一项看似平衡但实则脆弱的共识:认为在现阶段,出于安全性与有效性的未解之谜,以及广泛的社会伦理考量,任何将基因编辑应用于人类生殖系并导致可遗传改变的临床应用都是“不负责任的”^[11]。但同时,声明也为旨在理解早期人类发育或探索疾病治疗可能性的基础研究(通常使用无法存活的胚胎且严格限制发育时间)留出了空间。华盛顿峰会试图在“禁止”与“放任”之间划出一条暂时的界限,但其依赖的是科学共同体的自律与各国并不统一的监管框架,其约束力在面对

决心突破界限的行动者时显得尤为脆弱。

这一脆弱性在三年后一次挑战国际共识的事件暴露无遗。2018年11月,第二届人类基因组编辑国际峰会于香港召开前夕,中国南方科技大学的贺建奎通过视频突然宣布,他已利用CRISPR/Cas9技术对一对双胞胎女婴(露露和娜娜)的胚胎进行了基因编辑,敲除了CCR5基因,旨在使她们获得对HIV病毒的先天抵抗力,且婴儿已健康出生。这一做法是对前述框架的明显突破。国家卫生健康委网站转载新华社报道显示,国家卫生健康委、科技部、中国科协负责人在事件发生后明确回应称,该事件“性质极其恶劣”,已要求有关单位暂停相关人员科研活动,并将对违法违规行为坚决查处;科技部负责人还指出,开展以生殖为目的的人类胚胎基因编辑临床操作在中国是明令禁止的^[12]。随后司法机关查明,贺建奎团队在安全性和有效性未经严格验证的情况下,将经过CRISPR/Cas9编辑的胚胎用于辅助生殖医疗,并导致基因编辑婴儿出生^[13]。此后,国家卫生健康委在对全国人大代表建议的答复中进一步指出,贺建奎“以非法手段伪造伦理审查批件”,并强调仅有伦理审查并不足够,还应建立对突破伦理底线行为的刑事、民事、行政惩戒机制^[14]。这一事件也迅速引发全球范围的广泛关注和近乎一致的强烈谴责^[15]。由此可见,贺建奎事件不仅是一起科学伦理争议,更被官方部门明确界定为突破法律法规、伦理准则和科研治理底线的典型事件。

此后,多国政府、国际学术共同体和国际组织均将贺建奎事件视为人类生殖系编辑治理的警示性节点。2018年第二届人类基因组编辑国际峰会组织委员会在声明中指出,将编辑胚胎植入并导致双胞胎出生的做法“不负责任”,且不符合国际规范,问题包括医学指征不足、研究方案设计不当、未能满足保护受试者福利的伦理标准以及缺乏透明度^[16]。2019年,俄罗斯科学家Denis Rebrikov曾公开提出开展可遗传人类基因组编辑的计划,引发国际社会新的担忧^[17];世界卫生组织随后呼吁各国监管或伦理机构,在相关影响得到充分评估前,不应批准涉及人类生殖系基因编辑的临床应用^[18]。2021年,WHO又发布人类基因组编辑治理建议,强调应通过登记

制度、跨境医疗监管、对非法或未注册研究的治理机制等方式,防止“基因编辑旅游”和监管洼地的出现^[19]。由此,贺建奎事件并非孤立的中国事件,而是推动全球从原则性谴责转向制度化治理的重要转折点。

针对上述事件以及生殖系编辑的潜在风险,全球范围内的制度反应显著加速,进入了一个试图构建系统性治理框架的新阶段。各主要国家的监管机构纷纷重申或强化了相关法规。与此同时,国际权威科学与伦理组织发布了一系列旨在为未来决策提供框架的重要报告。世界卫生组织(WHO)于2019年成立了人类基因组编辑治理专家咨询委员会,经过两年多的研讨,于2021年发布报告,核心建议包括:呼吁各国立即建立人类基因组编辑研究注册机制以提高透明度;现阶段应禁止可遗传人类基因组编辑(heritable human genome editing, HHGE)的所有临床应用;并建议WHO建立一个全球性的治理和监督框架^[19]。美国国家科学院、工程院和医学院(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, NASEM)在2017年报告的基础上,于2020年进一步发布更新声明,其立场虽较WHO更为开放,但仍极为审慎。NASEM认为,在满足一系列极其严格的前提条件下(例如仅用于预防严重的单基因遗传病、无其他合理的替代方案、具有持续性的监督机制、并最大程度地遵循透明与公众参与原则),可遗传基因组编辑在理论上存在被允许的可能性,但强调当前远未达到可安全、有效、负责任地开展此类应用的技术与社会条件^[20]。英国纳菲尔德生命伦理学理事会(Nuffield Council on Bioethics)在2018年的报告中,则从社会正义与福祉的角度进行了探讨,认为如果能够促进社会福利且不加剧社会不公,人类生殖系编辑在伦理上可能是可接受的,但这需要强有力的治理体系作为保障^[21]。

然而,这一系列努力也深刻凸显了全球治理面临的“脱节”困境。一方面,以CRISPR/Cas9为代表的基因编辑技术,其低成本、易操作、高效率的特性,使得“车库生物学家”^①进行高风险实验的门槛大大降低,技术扩散的潜在速度远超监管体系的反应能力。另一方面,尽管国际共识、伦理指南和各国监管

① “车库生物学家”:指不隶属于传统学术或工业研究机构,通常在低成本、非标准的个人或社区空间(如家庭车库、社区实验室)内,利用开源科学设备、自组装工具和公共知识库,独立从事生物学实验与研究活动的个人或爱好者群体。此现象是“DIY生物学”(DIYbio)运动的核心组成部分,其理念强调科学的民主化、开放获取和公民科学。车库生物学家常在合成生物学、遗传工程等领域进行创新性尝试,但其活动也引发了关于生物安全、生物伦理及现行监管框架适用性的广泛讨论。

在不断强化,但具有强制约束力的国际条约或全球统一的、具有牙齿的法律框架始终缺位。现有的治理模式呈现出典型的“反应式”“碎片化”和“国别差异化”特征:往往是在重大伦理危机(如贺建奎事件)爆发后,各国及国际组织才被迫加紧出台指南或修订法律;不同国家和地区(如欧盟、美国、中国)的监管严格程度、法律界定和审批流程存在显著差异,这可能导致“伦理洼地”或“基因编辑旅游”现象;而国际层面的共识多停留在原则声明和软法建议,缺乏有效的执行与问责机制。这种技术发展的“狂飙突进”与全球性有效治理能力建设之间的严重“脱节”,不仅是CRISPR技术治理的核心挑战,也是当今时代许多颠覆性科技共同面临的困局。它警示我们,在科技加速主义的浪潮下,构建一个兼具前瞻性、灵活性,又能体现广泛民主协商与全球协作的适应性治理框架,已不再是一种理想,而是一项迫在眉睫的生存必需。

3 对“自然”与“人类”概念的冲击

当代生命科学的前沿突破,尤其是以CRISPR-Cas9为代表的基因编辑技术的成熟与扩散,其意义远不止于工具效率的跃升。它如同一把锋利的哲学手术刀,直接切入人类文明赖以自洽的若干核心范畴:“自然”“人类”“生命”“主体”等等,引发了一场深刻的概念地震与本体论危机。技术实践不再仅仅是对外部世界的改造,而是转向对生命内在逻辑的重写,这迫使我们必须重新审视那些曾被视为不言自明的哲学前提,直面技术化时代对人类自我理解的根本性重塑。

3.1 从“修复”到“增强”:技术应用界限的消融与目的论追问

传统医学伦理建立在一条相对清晰的界限之上:即“治疗”(therapy)与“增强”(enhancement)的区别。治疗旨在将偏离物种典型功能的个体恢复至正常健康范围,其伦理正当性根植于减轻痛苦、恢复尊严的“修复”逻辑。而增强则旨在超越这一常态基线,优化或赋予个体新的能力,其伦理地位则长期处于争议之中。然而,CRISPR等基因编辑技术的出现,使得这条界限在实践中变得日益模糊且难以维系。

从技术操作层面看,编辑导致囊性纤维化的CFTR基因以预防疾病,与编辑肌肉生长相关MSTN基因以提升体能,在分子剪刀的剪切与粘贴动作上并无本质区别。这种技术上的同构性,使得基于“自然”与“非自然”的形而上学区分来划定伦理

红线变得苍白无力。正如成素梅所指出的,一个尖锐的哲学问题随之浮现:“为什么我们允许基因的自然突变,而不允许对生殖基因进行人为改变呢?如果不被允许是由于技术不够成熟,会污染人类基因池,那么,在未来的技术完全成熟后会被允许吗”^[22]。这一追问直指问题的核心:如果技术的终极目的是为了人类福祉,那么当“修复”与“增强”共享同一技术路径时,我们依据什么来裁定前者是善举而后者是僭越?

这种界限的模糊引发了关于技术应用终极目的的深层哲学辩论。一方以超人类主义(Transhumanism)为代表,主张“形态自由”(morphological freedom)是个体的基本权利,人类有道德义务利用技术克服生物局限,迈向更高级的存在形态。他们将增强视为人类进化的延续,是理性对偶然性的胜利。另一方,如尤尔根·哈贝马斯等哲学家则发出严厉警告。哈贝马斯认为,前瞻性的、旨在优化后代基因的干预,剥夺了未来个体“作为自身生命历程的无可争议的作者”的伦理自由。他将这种非对称的、代际间的设计关系,视为对个体自主性(autonomy)和道德自我理解(moral self-understanding)的根本性破坏。这场辩论的实质,是两种关于“人之完善”(human flourishing)图景的冲突:一种将完善视为对给定“自然”限度的技术性超越;另一种则将完善内嵌于对生命作为“馈赠”(giftedness)的接纳与回应之中,强调技术的使用不应侵蚀我们作为“被造物而非创造者”的谦卑(humility)与团结(solidarity)的基础。

3.2 “编辑生命”:从自然事实到技术项目的主体性重构

更深层的冲击在于,CRISPR技术将“生命”本身——这一传统上被视为神圣、神秘或至少是“给定”(given)的自然事实,客体化为一个可读、可写、可擦除的“技术平台”。当DNA序列被视为可编程的“生物软件”,生命体被视为由标准化“生物砖块”(BioBricks)组装而成的工程系统时,一种新的本体论隐喻便占据了主导地位:生命即信息,身体即硬件,进化即调试。这一转变动摇了西方哲学自亚里士多德以来关于“实体”(substance)与“自然”(physis)的基本预设。

在亚里士多德的“质形论”(hylomorphism)中,实体由质料(hylē)与形式(morphē)共同构成,形式赋予了事物的本质与目的。自然物拥有其内在的运动原则与目的因(telos)。然而,基因编辑的实践,在根本上挑战了这一框架。科学家不仅能够解析生命

的“质料”(基因序列),更能主动地重新设计其“形式”(功能与性状)。这使“人类正在从‘自然演化的产物’跃身为‘自然演化的导演’”。生命的内在目的性被外部的技术意向性所覆盖或重构。唐娜·哈拉维(Donna Haraway)早在二十世纪末预言的“我们生来就是赛博格”^[23],在基因编辑时代获得了新的、更为根本的印证:我们的生物性基质本身,已成为可技术化干预的领域。

这种本体论层面的转变,直接冲击了建立在“自然”与“天赋”基础上的传统人类尊严与身份认同。在康德哲学中,人的尊严源于其作为理性存在者的自主性,以及其作为目的本身而非手段的地位。然而,当一个人的基因组构成可以被他人(父母、科学家、社会)出于特定目的而预先设计时,自由与责任得以展开的空白空间——“给定性”与“偶然性”便可能受到侵蚀。哈贝马斯担忧,一个知道自己生命的最初生物蓝图是由他人意志所决定的人,其自我认同的完整性以及与他人平等的道德地位将面临挑战。人的独特性与不可替代性,原本部分地植根于遗传的偶然与神秘,而当这种偶然性被技术选择所取代,基于“自然平等”的尊严观念便需要重新奠基。这并非意味着技术化生命必然丧失尊严,而是要求我们为“后自然”时代的人类尊严寻找新的、不依赖于固定生物学本质的伦理基础。

3.3 代际伦理与“未来人”的同意难题

可遗传人类基因组编辑(HHGE)将上述伦理困境推向了极致,并引入了一个几乎无解的“未来人同意”难题。对生殖系细胞进行编辑,意味着其基因改变将传递给所有后代,永久性地改变人类基因池的某个分支。这引发了两个层面的核心伦理挑战。

其一,是代际正义与风险不对称问题。未来世代将承担今日技术决策的全部后果(包括未知的、潜在的脱靶效应和长期多代效应),却无法在当下表达同意或拒绝。这违背了以个体自主和知情同意为核心的现代生物伦理基石。世界卫生组织(WHO)专家委员会在2021年的报告中,正是基于巨大的不确定性和不可逆性,建议全球暂停可遗传基因组编辑的临床应用^[19]。这种干预将未来人置于一种前所未有的被动地位:他们不仅继承了一个被技术修改过的生物学起点,更继承了一套他们无从选择、却必须以其为基点构建自我认同的生命前提。

其二,是“开放性未来”的权利问题。德国哲学家约纳斯(Hans Jonas)提出的“责任原理”强调,我们对未来世代负有义务,必须确保他们拥有一个“未

受损害的、真正属人的未来可能性”。可遗传编辑在试图为后代“消除”某种风险或“赋予”某种优势的同时,也可能在无形中关闭了其他生命可能性的通道,或预设了某种特定的“美好生活”观念。例如,编辑掉与某种疾病相关的基因等位点,也可能消除了该基因在未来环境中可能提供的、尚未知的进化优势。更深刻的是,它可能以一种生物学的方式,预先规定或强烈影响后代的身份、能力乃至生活规划,这与尊重个体自主塑造其自身生活的权利存在内在张力。

3.4 迈向“后人类”境遇:概念边界消融与技术现实

以CRISPR为先锋,结合人工智能、脑机接口、合成生物学等领域的突破,我们正共同步入一个被学者们广泛称为“后人类”(posthuman)或“超人类”(transhuman)的技术境遇。这并非一个遥远的科幻图景,而是对当下技术现实的理论映射。它促使我们严肃思考“人类”概念的边界究竟何在。

“后人类主义”作为一种批判性思潮,旨在解构人类中心主义,揭示人类与非人类(动物、机器、环境)之间固有的、纠缠的共生关系。它认为,“人类”从来都不是一个先于技术存在的、纯净的生物学范畴,而是始终在与技术的共同演化中被建构。从使用石器到佩戴眼镜,再到植入心脏起搏器,人类早已是“赛博格”。CRISPR等技术只是将这种“技术性存在”推进到了更基础、更可设计的基因组层面。正如斯蒂格勒(Bernard Stiegler)所言,技术是构成人之为人的“外在化”过程,而如今,这种外在化正以“内在化”的方式直接改写我们的生物性基础。而“超人类主义”则更具规范性和前瞻性,它积极倡导利用技术突破人类生物学的现有局限,迈向在认知、体能、寿命上都得到“增强”的更高形态。无论其立场如何,这两种思潮的兴起都共享同一个现实技术基础:生命的技术化。当人类可以像工程师设计软件一样“编写”生命,像建筑师建造房屋一样“合成”生物部件时,“自然人类”与“技术文明的人类”之间的传统二分法便难以为继。“如果说,‘自然’是指人的身体和心智都没有受到任何外部因素的干预,那么,或许就不存在‘纯天然’的自然人类”^[24]。

因此,CRISPR等基因编辑技术所引发的,远不止于应用层面的伦理争议,更是一场深刻的哲学范式转移。它迫使我们“自然”从一个静态的、赋予性的范畴,重新理解为一个动态的、与技术共同演化的过程;将“人类”从一个固定的、基于物种的实体,重新构想为一个开放的、混合的、在生物性与技术性边界上持续重构的关系性存在。在这个意义上,技

术对“自然”与“人类”概念的冲击,最终指向的是对存在本身的理解革命。我们不再能安然地将自身置于一个与技术和自然对立的、先验的主体位置,而必须学习在一个生命、机器、信息深度互嵌的世界中,重新追问“我们是谁”,以及“我们希望共同成为谁”。这既是技术时代最大的哲学挑战,也是其最迫切的伦理使命。

4 结语

CRISPR/Cas9 基因编辑技术的发展与应用历程,绝非一个简单的线性科技进步叙事,而是一幅交织着科学偶然性、伦理警觉、治理滞后与全球性博弈的复杂图景。其发展史在本质上是一部由基础科学好奇心驱动、在应用转化边缘不断试探并最终引发范式革命的突破史,充满了意外的发现与转向。而其伴随的治理与伦理争议史,则清晰地呈现为一部在技术“震惊”事件驱动下,全球科学共同体、各国监管机构与国际组织被迫从原则性讨论转向紧迫性制度构建的“追赶史”。两者之间的张力与脱节,深刻揭示了 21 世纪前沿生命科技发展的非线性、颠覆性特征,以及既有的、以国家为主体、以既有法律框架为基础的治理体系在应对此类技术时所面临的严峻挑战。

从技术本源看,CRISPR/Cas9 系统的发现与应用,完美诠释了科学突破的偶然性与基础研究的深远价值。其最初是作为细菌抵御噬菌体入侵的适应性免疫机制而被揭示,属于对生命基本规律的探索。然而,当杜德纳和卡彭蒂耶等科学家意识到这一系统可被改造为一种普适性的基因编程工具时,技术便瞬间跨越了从理解自然到重塑自然的界限。这种从“是什么”到“能做什么”的认知跃迁,速度之快超乎想象。技术的易用性、低成本与高效率,使得基因编辑的门槛急剧降低,从顶尖实验室迅速扩散至全球科研界乃至非传统生物技术领域。这种扩散能力本身,就构成了治理的第一重挑战:监管的对象不再局限于少数可控的大型机构,而是潜在分散的、多元的行动者。

与技术的快速演进相比,全球性的伦理反思与治理框架构建则呈现出显著的滞后性与反应性。科学共同体早期的自我约束尝试虽体现了先驱者的责任意识,但在缺乏强制性国际法律框架的背景下,这种基于共识的软性约束在现实冲击面前往往显得脆弱无力。一系列突破伦理底线的既成事实,不仅暴露了监管真空,更将潜在的伦理忧虑转化为迫切的

治理危机,迫使全球治理逻辑经历深刻转型:从早期简单化的“二元禁止”或呼吁“暂停”,演进为建立更为精细的风险-收益评估体系与全流程监管机制。当前的共识已不再局限于探讨“是否应该”的技术红线,而是深入审视“在何种严格限制与程序正义下”方可审慎前行。

然而,尽管共识在加强、指南在细化,一个根本性的“脱节”困境始终凸显:具有强制约束力的国际条约或全球统一法律框架依然缺位,现有的治理体系本质上是反应式、碎片化和国别差异化的。技术的低成本与易扩散性,与治理所需的多边协商、立法程序的缓慢与国别利益分歧之间,存在着结构性矛盾。这种矛盾使得“伦理洼地”或“监管套利”的风险持续存在。贺建奎事件本身即部分源于中美欧之间监管环境与执行强度的差异。此外,治理讨论多集中于可遗传编辑这一“皇冠上的明珠”,但对于体细胞治疗、基因驱动乃至非医疗目的的增强等同样具有深远社会影响的广泛应用,全球性的规范仍远未成熟。

展望未来,应对以 CRISPR/Cas9 为代表的颠覆性生物技术所带来的挑战,迫切需要超越当前被动反应的模式,构建一个更具前瞻性、适应性和包容性的全球科技治理新机制。这一机制应包含以下几个核心维度:

首先,治理必须具有前瞻性与适应性。鉴于技术迭代速度远超立法周期,治理框架不能依赖于制定一成不变的禁令或清单,而应建立基于动态风险评估和持续技术监测的适应性治理体系。这包括推广“监管沙盒”等机制,在可控环境下测试新技术并积累监管经验;建立定期更新的技术风险评估国际指南;以及发展能够快速响应新科学发现的跨学科伦理-法律-社会影响研究能力。

其次,治理必须强化全球协调与透明度。碎片化的国别监管无法应对技术的全球流动性。应大力推动建立全球人类基因组编辑研究注册平台(如 WHO 所倡议),强制要求所有相关临床前与临床研究进行登记与数据共享,以提高研究透明度、防止重复实验、便利长期安全性与有效性追踪。同时,应加强国际监管机构间的信息交流与执法协作,共同打击非法、不报告、不管制的研究活动。

再次,治理必须建立在广泛、深入且持续的公众参与和跨领域对话基础之上。技术的深远影响关乎全人类,其发展路径不应仅由科学家、企业家或政策精英决定。有效的治理需要建立制度化的渠道,确

保科学家、伦理学家、法学家、政策制定者、患者团体、公众代表乃至未来世代权益的倡导者能够进行实质性的对话。公众参与不仅是获取“社会许可”的手段,更是通过不同视角和价值的碰撞,更早、更全面地识别技术可能带来的社会、伦理与公平正义问题,从而丰富治理的考量维度。

最后,哲学与应用伦理学必须以变革性的姿态主动迎接挑战。技术不仅提出应用伦理问题,更深刻地冲击着关于生命、自然、人性与责任的哲学根基。传统的概念框架,如治疗与增强的二分、基于自然与天赋的尊严观、以个体自主和知情同意为核心的伦理原则,在基因编辑时代均面临重构的压力。哲学与伦理学不能止步于批判,而应积极介入,与科学、法律、政策实践互动,共同发展出能够应对“后自然”生命观、代际责任、全球正义等新问题的伦理概念与评估框架。

综上所述,CRISPR/Cas9的故事远未结束,它既是过去十年生物科技革命的缩影,也是未来更复杂技术治理的预演。其历史告诫我们,在科技加速发展的时代,治理的智慧不在于试图阻止技术的浪潮,而在于学会如何建造更坚固、更灵活、更能容纳多元声音的堤坝与航标,引导这股力量朝向增进人类整体福祉、维护公平正义与尊重生命尊严的方向奔流。这要求我们摒弃简单的乐观或悲观叙事,转而拥抱一种审慎的、参与的、学习的和负责任的治理文化,在促进创新与防范风险之间寻求动态平衡,从而负责地塑造我们共同的科技未来。

参考文献:

- [1] Ishino Y, Shinagawa H, Makino K, et al. Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product[J]. *Journal of Bacteriology*, 1987, 169(12): 5429-5433. DOI: 10.1128/jb.169.12.5429-5433.1987.
- [2] Mojica F J, Diez-Villasenor C, Soria E, et al. Biological significance of a family of regularly spaced repeats in the genomes of Archaea, Bacteria and mitochondria[J]. *Molecular Microbiology*, 2000, 36(1): 244-246. DOI: 10.1046/j.1365-2958.2000.01838.x.
- [3] Mojica F J, Diez-Villasenor C, Garcia-Martinez J, et al. Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements[J]. *Journal of Molecular Evolution*, 2005, 60(2): 174-182. DOI: 10.1007/s00239-004-0046-3.
- [4] Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, et al. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity[J]. *Science*, 2012, 337(6096): 816-821. DOI: 10.1126/science.1225829.
- [5] Doudna J A, Sternberg S H. A crack in creation: gene editing and the unthinkable power to control evolution[M]. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2017.
- [6] Baltimore D, Berg P, Botchan M, et al. A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification[J]. *Science*, 2015, 348(6230): 36-38. DOI: 10.1126/science.aab1028.
- [7] Liang Puping, Xu Yanwen, Zhang Xiya, et al. CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes[J]. *Protein & Cell*, 2015, 6(5): 363-372. DOI: 10.1007/s13238-015-0153-5.
- [8] Human Fertilisation & Embryology Authority. HFEA approves licence application to use gene editing in research[EB/OL]. [2016-01-14]. <https://www.hfea.gov.uk/about-us/news-and-press-releases/2016-news-and-press-releases/hfea-approves-licence-application-to-use-gene-editing-in-research/>.
- [9] Stein R. Swedish scientist starts DNA experiments on healthy human embryos[EB/OL]. [2016-09-22]. <https://www.npr.org/sections/health-shots/2016/09/22/494591738/breaking-taboo-swedish-scientist-seeks-to-edit-dna-of-healthy-human-embryos>.
- [10] Ma Hong, Marti-Gutierrez N, Park S W, et al. Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos[J]. *Nature*, 2017, 548: 413-419. DOI: 10.1038/nature23305.
- [11] Organizing Committee for the International Summit on Human Gene Editing. On human gene editing: international summit statement[EB/OL]. [2015-12-03]. <https://www.nationalacademies.org/news/on-human-gene-editing-international-summit-statement>.
- [12] 国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委、科技部、中国科协负责人回应“基因编辑婴儿”事件:已要求有关单位暂停相关人员的科研活动、对违法违规行为坚决予以查处[EB/OL]. [2018-11-29]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/xwdt/201811/493e90676fa641858ff49ac6d99cf897.shtml>.
- [13] 中华人民共和国最高人民法院. “基因编辑婴儿案”贺建奎因非法行医罪被判3年[EB/OL]. [2019-12-30]. <https://www.court.gov.cn/zixun/xiangqing/213381.html>.
- [14] 国家卫生健康委员会. 对十三届全国人大二次会议第2032号建议的答复[Z]. 2020-07-01.
- [15] Cyranoski D, Ledford H. Genome-edited baby claim provokes international outcry[J]. *Nature*, 2018, 563

- (7733): 607-608. DOI: 10.1038/d41586-018-07545-0.
- [16] Organizing Committee of the Second International Summit on Human Genome Editing. Statement by the Organizing Committee of the Second International Summit on Human Genome Editing[EB/OL]. [2018-11-28]. <https://www.nationalacademies.org/news/statement-by-the-organizing-committee-of-the-second-international-summit-on-human-genome-editing>.
- [17] Cyranoski D. Russian biologist plans more CRISPR-edited babies[J]. *Nature*, 2019, 570: 145-146. DOI: 10.1038/d41586-019-01770-x.
- [18] World Health Organization. Statement on governance and oversight of human genome editing[EB/OL]. [2019-07-26]. <https://www.who.int/news/item/26-07-2019-statement-on-governance-and-oversight-of-human-genome-editing>.
- [19] World Health Organization. Human genome editing: recommendations[R]. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [20] National Academy of Medicine, National Academy of Sciences, and the Royal Society. Heritable human genome editing[R]. Washington, DC: The National Academies Press, 2020. DOI: 10.17226/25665.
- [21] Nuffield Council on Bioethics. Genome editing and human reproduction: social and ethical issues[R]. London: Nuffield Council on Bioethics, 2018.
- [22] 成素梅. 智能革命引发的伦理挑战与风险[J]. *道德与文明*, 2022(5): 194-202. DOI: 10.13904/j.cnki.1007-1539.2022.05.023.
- [23] Haraway D. Manifesto for cyborgs: science, technology, and socialist feminism in the 1980s[J]. *Socialist Review*, 1985, 80: 65-108.
- [24] 成素梅. 建立“关于人类未来的伦理学”[J]. *哲学动态*, 2022(1): 46-49. DOI: 10.12113/j.ph.2022.01.006.



傅星源, 哲学博士, 山西大学哲学学院副教授。主要研究方向包括心灵哲学、形而上学与科技哲学, 专注于对意识、认知基础、科学与哲学交叉领域等问题的探讨。近年来, 主持或参与“当代泛心论与心智的构成性问题研究”“当代西方正义理论的新发展动态与批判研究”“山西省新一代人工智能产业发展规划研究”等多项国家级、省部级科研项目, 学术成果先后刊发于《自然辩证法研究》《山西大学学报》等国内核心期刊。Email: fxy@sxu.edu.cn

(责任编辑: 彭 鹏)