



工程“非完美性”的社会实践反思及纾解策略研究

陈学琴¹, 梁军^{1*}, 程维国²

1. 西安交通大学 马克思主义学院, 西安 710049;

2. 安徽数智建造研究院有限公司, 合肥 230051

摘要: 高质量推进工程建设是夯实现代化强国的基础, 也是工程可持续发展的必由之路。但在现实实践中, “完美工程”的应然追求与“非完美工程”的实然存在成为影响工程实践高质量发展的重要矛盾。工程“非完美性”的理性反思正是纾解这一矛盾的关键环节。本文运用理论分析与案例研究相结合的方法, 在剖析工程“非完美性”的科学内涵和工程“非完美”现象的基础上, 进一步提出纾解“非完美”现象, 加速实现工程高质量发展的行动策略。工程“非完美性”贯穿于工程决策和规划设计、工程建造实施、工程运行和工程退役全生命周期, 尽管人类无法构建出“完美工程”, 但通过对工程活动中各个环节的全面调整和系统优化, 能够纾解工程活动中存在的“非完美”现象, 实现工程的高质量发展。

关键词: 工程“非完美性”; 工程共同体; 工程社会学; 工程全生命周期; 高质量发展

中图分类号: C02

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2024)06-0611-11

引言

习近平总书记多次强调, 工程科技是推动人类社会发展的引擎^[1], 持之以恒建设大国工程, 铸就国之重器, 推动工程建设高质量发展是造福人类、创造未来的可靠支撑和重要保障。伴随新时代以来工程实践取得的重大成就, 人们逐渐产生了摒弃工程的不

完美, 创造“完美工程”的理想愿景。但值得深思的是, “完美工程”是否真正存在? 何谓工程的“非完美性”? 为何工程作为一种社会性实践存在诸多非完美现象? 如何在“非完美性”贯穿工程活动全生命周期的情况下实现工程的高质量发展?

当前学界对工程“非完美性”的研究主要集中在两个方面。其一, 部分学者基于工程哲学维度阐释了

收稿日期: 2024-07-09; **修回日期:** 2024-09-02

基金项目: 中国中铁股份有限公司科技研究开发项目: 工程实践的“非完美性”问题及基本理论研究 (2021-重点-50)

作者简介: 陈学琴 (1994—), 女, 博士研究生。研究方向为马克思主义理论、科学技术哲学、工程哲学。

*梁军 (1971—), 男, 博士, 教授。研究方向为工程社会学、马克思主义理论及工程哲学等。E-mail: liangjunfx@mail.xjtu.edu.cn (通讯作者)

程维国 (1972—), 男, 硕士, 教授级高级工程师。研究方向为工程规划、工程管理。

引用格式: 陈学琴, 梁军, 程维国. 工程“非完美性”的社会实践反思及纾解策略研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2024, 16(6): 611-621. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240087. CSTR: 32282.14.JES.20240087

Chen X Q, Liang J, Cheng W G. Engineering “Imperfection”: Social Practical Reflection and Mitigation Strategy[J]. Journal of Engineering Studies, 2024, 16(6): 611-621. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240087. CSTR: 32282.14.JES.20240087

工程“非完美性”的内涵。伍军^[2]在综合分析完美、完美性内涵的基础上,将非完美定义为一种现实的缺陷美,事实上可能的整体最美的特征及其现象,认为“非完美性”主要体现为不精确、不确定、不简单、不完备、有限性、人的局限性、缺陷性等七个特性。王大洲认为,“非完美性”主要体现为工程实践本身“不具有认识论意义上的‘完全透明性’和方法论意义上的‘完全可控性’”^[3]。张云龙等^[4]指出,工程的“非完美性”实则是一个反思性概念,其“不仅体现在对工程活动本身的反思,还表现为以‘间性’思维对待不同的工程文化和自然”。其二,部分学者揭示了人工智能、工程实践领域中存在的“非完美”现象。梁军等^[5]从实践理性视域对人工智能的“非完美性”展开分析,指出人工智能的“非完美性”主要表现为:它在推动人与自身和谐发展的同时威胁人的主体地位,在推动交往关系发展的同时加剧交往主体间的不平等,在推动人化自然发展的同时带来生态环境问题。康兰心等^[6]认为,工程实践中的“非完美性”关系主要体现在人与自然的矛盾、工程利益与公共利益的协调以及工程利益与个体利益的冲突上。总体来看,学界对工程“非完美性”的研究尚处于起步阶段,现有研究具有重要价值,但仍有拓展和深化的空间。学者们对工程“非完美性”的研究主要从工程哲学维度展开,并且多集中在对工程“非完美性”内涵和现象等理论层面的分析上,还未深入到如何纾解工程实践中的非完美现象这一方法论层面。鉴于此,本文结合工程社会学理论,对工程活动中的“非完美”现象进行反思,并据此提出纾解工程活动中存在的“非完美”现象,实现工程实践高质量发展的具体策略。

1 工程“非完美性”的社会实践反思

科学的实践观通过“人类实践活动反思、批判‘现存世界’,并以‘实践’为原则来建构世界观,从而在对实践活动的全面把握中求得对人与世界关系的总体把握”^[7],提供了主体改造客体的方法论和价值诉求,创设了求解新的时代问题的目标域和应答域。而工程活动作为“创造和建构新的社会存在物”^{[8][9]}

的社会现象和社会活动,客观上存在着不完美现象。换言之,“非完美性”贯穿了工程决策、设计、实施、运行和退役的全过程。运用工程社会学的科学理论,理性认识工程实践的“非完美性”,廓清创造“完美工程”的迷思,是关乎工程实践更高质量发展的导向性问题,这客观要求聚焦工程共同体中的“主体性问题”,立足工程的社会性实践,运用科学的认识论辨明工程实践“非完美性”的本质。

1.1 聚焦工程共同体审视工程的“非完美性”

实践的本质是主客体间双向对象化的活动。这一活动过程必然牵涉着作为客体的工程的本质问题以及作为主体的工程共同体问题。工程的本质问题在于工程活动是合目的性的实践活动,是现实的人充分发挥主观能动性,“有目的、有计划、有组织地运用知识有效地配置各类资源,通过优化选择和动态、有效地集成,构建并运行一个‘人工实在’的物质性实践”^{[8][14]}。这意味着,任何一项工程都是人类为了满足特定目的开展的,是社会需求、未来期望、多样目的与个性偏好的现实投射。而工程目的“既可能是单一的,也可能是综合的或是多元化的,其设定主要取决于工程的规模、工程主体的偏好以及社会的需求”^[9]。在工程活动全生命周期中,工程目的具有激发内生动力和现实导引的作用,但主体偏好的差异性、目的多样性的实际存在,意味着对于工程本身来说,其只能在多样目的和主体偏好间达致最大程度的协调,但却无法成为符合所有主体要求的绝对“完美工程”。工程共同体问题的关键在于主体的本质属性和主体作用的问题。从主体的本质属性来看,人是一切社会关系的总和,人之所以能够成为主体性存在,就在于他是有意志的类存在物,能够将客观世界、客观规律同自身目的、意志、利益、需求等内在尺度以及“劳动”这一社会功能结合起来,通过工具的操作运用使自在的世界服从于自身生存和发展需要。因此,主体的本质属性主要表现为主体按照内在尺度作用于客体的“实践改造性”。主体的作用问题主要体现在主体对客体具有选择、影响、改造和同化的作用,并且根据主体知识、素质、能力水平的差异,主体作用的发挥会产生不同的实践结果。

工程是否完美的问题实际上是工程活动的价值评价问题,是工程共同体对“客体有无价值以及价值大小所进行的主观判断”^{[8]246},其必然受到工程本质问题和工程共同体中主体性问题的影响。而工程共同体中多元主体兴趣偏好的差异性决定了工程价值评价的多样性和不一致性。综观工程实践过程,从工程决策、设计、评估、实施、运行再到退役的全过程,渗透着工程共同体中的社会关系以及主体目的、利益需求、知识思想、价值观、意志品格和审美品位等多重因素并受到这些因素的影响和制约。工程过程体中主体意向思维、价值目标、审美追求等主体内在尺度的差异性以及主体间性问题决定了工程活动的矛盾性、工程具体操作和衡量标准的不确定性。再加上不同工程主体知识掌握程度、基础素质、核心素养以及认识、实践能力等多方面差异,导致在工程实施过程中,即便具有相同的工程规范和标准也会产生不同的结果。据此,主体内在尺度、能力水平和价值评价的差异性决定了“完美工程”的不可及性。从这个意义上讲,工程实践是“非完美”的,工程的“非完美性”体现为不存在没有任何缺陷,并且完全符合工程共同体中所有主体目的及其主观价值取向的“完美工程”。

1.2 立足社会性实践反思工程的“非完美性”

社会性实践反思区别于康德(Immanuel Kant)的批判反思以及黑格尔(Georg Wilhelm Friedrich Hegel)的思辨反思,内在包含三重核心要义:一是以现实的社会实践作为思维反思的出发点;二是坚持“从后思索法”以及逻辑与历史相一致的原则进行全面性、批判性反思;三是“通过对历史的‘透视’和由结果到原因的反归来把握”社会实践活动的内在逻辑^{[10]362}。这提供了对任一社会实践或历史现象进行反思的方法要求——立足具体的社会性实践,确定“历史考察之点”,通过客观、全面、批判性分析和逆向溯因,深化人们对具体社会实践或历史现象的理性认识。

工程社会学视域下反思工程实践的一个突出贡献在于将“反思”从纯思辨的“王国”拉回,将其置于现实的社会性实践中进行考察。这一特性恰恰为人们

理解是否存在“完美工程”以及工程“非完美性”的本质提供了重要的思维方法。伴随几千年来工程实践的发展演进,人类对工程活动的认识和客观规律的把握逐渐从“片面”走向“全面”。工程实践经验的积累以及新世纪以来一系列世界级工程奇迹的创造,为人们全面地理解工程活动奠定了坚实基础。透视工程的社会实践历史,可以发现历史上并不存在真正的“完美工程”,工程的“完美性”实际是理想主义和片面认识范畴下形成的一种心理和思维定式,并且一味追求“完美工程”严重影响着工程主体本质力量的发挥以及工程实践的现实效能。而“不完美”是对工程现实存在状态的否定性评价,但也是认识到工程实践中存在的缺陷,从而推动工程向更加完美的状态发展的前提。而工程“非完美性”实际上就是一种实践反思,是在扬弃“不完美工程”的否定性意义以及“完美工程”绝对意义的基础上,不断地对“完美”“不完美”“缺陷”“完备”等思维方式进行“解构”,进而达到的对工程这一社会性实践内在具有的客观必然性的理解。质言之,工程的“非完美性”,实际上就是通过透视工程社会实践历史,进而实现从“完美工程”这一纯思辨的彼岸向“纾解工程的不完美状态”这一现实此岸的过渡。

1.3 运用辩证认识论分析工程的“非完美性”

黑格尔在《小逻辑》中明确指出,“纯存在或纯有之所以当成逻辑学的开端,是因为纯有既是纯思,又是无规定性的单纯的直接性,”^{[11]189}这种纯有作为一种纯思维、纯直观,是“纯粹的抽象,因此是绝对的否定。这种否定,直接地说来,也就是无”^{[11]192}。就完美的内涵来讲,它是指完备美好并且没有任何缺陷,是一种绝对的、理想的状态。从黑格尔思辨逻辑的意义上讲,“完美”就是“纯有”“纯思”或“无”。而恩格斯(Friedrich Engels)在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中也明确提道:“历史同认识一样,永远不会在人类的一种完美的理想状态中最终结束;完美的社会、完美的‘国家’是只有在幻想中才能存在的东西”^{[12]270}。按照唯物辩证法揭示的物质运动规律,任一历史状态都只是从低级向高级无穷演进过程中的暂时性状态,真正完美的理想状态

是不存在的, 当时当地的所谓“完美”状态或实践, 也会在不断发展过程中被“更完美”的实践所取代。与之相符, “完美的工程实践”也只有在幻想当中才能够存在。“完美工程”本质上就是一种形而上学思维, 内在包含着不可调和的“矛盾性”。马克思、恩格斯揭示了矛盾的普遍性是不以人的意志为转移的客观规律, 矛盾贯穿于万事万物运动发展的始终, 但“完美”状态意味着要消灭一切矛盾, 由此可见, “完美工程”本身从思维上看就具有不可调和的矛盾。

“非完美性”不同于“完美”的绝对化表达, 也不同于“不完美”这一对事物完成状态或现实特征的客观表述, 是针对主体的完美主义倾向和对“绝对完美”的实践追求提出的一种批判性概念。结合黑格尔关于“无限”和“有限”的思辨哲学理论, “真理或真正的无限就须宣称并规定为无限与有限的统一”^{[11]210}, 形而上学的无限性本质上是“恶无限性”, 是“否定的无限”。在一定意义上, “完美”恰恰可以看作是黑格尔所说的“恶无限性”, 因为在致力于达到完美的一切实践中, 任何不切实际或想要完全消除矛盾的尝试都会引起新的、更糟糕的矛盾。根据“有限”和“无限”的辩证关系, 工程“非完美性”实际上是一种“有限存在的状态”——一种“可期待的局限(缺陷、有限)美”^[2], 是一定判别准则下的整体完备状态, 是工程主体在综合客观规律、现实实践和发展趋势的基础上, 理性设置的一种具有相对性、有限性并且可实现的工程实践状态。换言之, 工程的“非完美性”意味着, 在一项成功的工程实践中虽然或多或少存在一些矛盾、问题或缺陷, 但就其整体来看, 这一工程是符合客观现实和特定价值标准, 并且兼具科学决策、合规实施、科学管理等特性的事实上的整体最美和最完备。

2 工程全生命周期中“非完美性”的现实表征

工程社会学视域下考量工程实践, 更加侧重工程活动的全过程性和全要素性, 即要善于将工程活动的性质、特征和发展趋势置于工程全生命周期、置于整

个社会性环境中进行考察。综观当前工程社会性实践, 取得了重大成就, 积累了丰富经验, 特别是科技赋能工程实践, 推动诸多领域的工程活动实现了“质”的飞跃。以当前工程实践为参照回望工程发展历程, 可以发现工程活动中存在一个始终无法回避的问题: 工程主体对“完美工程”的追求与具体工程活动之间存在一条始终无法逾越的“鸿沟”, 即工程具有“非完美性”, 且工程的“非完美性”贯穿于工程决策、规划设计、实施建造、运营维护和工程退役的全生命周期。

2.1 工程决策和规划设计的“非完美性”

第一, 工程实践的“非完美性”体现在工程决策的“超协调逻辑”上。所谓“超协调逻辑”是指能够“容忍某种程度的矛盾的逻辑”^[13]。具体到工程活动中, 是指某些矛盾的存在能够被工程整体所容纳, 并且不会导致系统失效或工程无法运行。一般意义上讲, “完美工程”否认一切矛盾, 但工程决策处处渗透着矛盾。工程决策过程是不同利益主体间战略思维、科学思维、利益思维、人文思维、艺术思维、工程思维等多样性思维矛盾协调的过程。其中, “工程思维”作为一种创造现实的思维决定着工程活动整体是否有效。其他思维对工程思维的僭越或与工程思维的“错位”, 极易造成工程决策失误, 严重影响工程质量和工程安全。而工程决策的“超协调逻辑”, 倡导接纳不同主体的利益矛盾和思维矛盾, 运用“共商”“合作式对话”“协调”等方式选择“更优解”, 既能够避免造成工程整体“失效”, 同时也能够在多样思维的碰撞、交融、权衡和选择中使工程决策更加合理, 这恰恰符合工程决策“可期待的缺陷美”的特征。

第二, 工程实践的“非完美性”体现在工程规划设计的“非唯一性”上。“完美”意味着绝对、唯一和最美。然而, 工程问题不同于真理问题的绝对性和唯一性。对工程问题的求解, 依据决策主体对经济效益、技术配置、安全可靠、艺术个性、环境友好等具体选择和兴趣偏好的差异, 会得到多个合理性答案, 通过多方权衡确定工程问题的“最优解”。从这个意义上看, 工程规划设计的“非完美性”一方面体现为

最终确定的工程图纸或设计方案, 是难以完全兼顾所有利益主体的需求和偏好的, 也就是说, 即便是工程问题的“最优解”也总会有所侧重, 难以在影响工程决策的各个要素和多元主体间达致真正的“平衡”。另一方面, 最终工程方案的确定实际上是对工程规划设计的评价, 而决策主体在评价时不得不面对“矛盾的要求”, 各个主体内在利益需求的差异决定了最终确定的设计方案只能是多方权衡后的“最优解”, 而非符合每个主体偏好的“唯一解”。

2.2 工程建造实施中的“非完美性”

第一, 工程建造实施的“非完美性”体现在从决策方案到具体实施间存在“偏差”。从“设计图”到成为矗立在现实大地上的“实景画”, 可以发现, “设计方案”和“工程产品”之间很难做到完全一致。作为决策思维具象化的“设计方案”本身就带有理念上的“虚幻性”、一定的可解释空间和不可量化等特征, 因此, 诸如“幸福工程”“魅力工程”“科学与人文融合发展”^[14]等工程思维实际上无法在工程实施中获得精准体现。再加上工程推进过程中, 受自然环境、社会环境等客观条件制约, 以及工程共同体中主体知识水平和实际能力的限制, 工程师和工人在工程建造时会面临更多复杂情况和不确定性, 这就导致预先设置出的“工程图纸”“设计方案”的“最优解”实际上并非“最适解”。

第二, 工程建造实施的“非完美性”体现为工程共同体中主体能力的差异性和局限性。工程共同体包括工程决策者、工程师、科学家、工人、投资者和管理者等多元利益主体, 并且各个主体的知识视野、学识水平和社会见识等具有客观差异。一项大型工程动辄需要上万人甚至几十万人的参与, 这些人员知识储备的不完备性、知识水平的差异性和实践能力的有限性决定了在同一工程活动中, 工程局部的改造程度和建造水平的有限性和差异性。这也意味着在工程实施过程中, 必然会牵涉到复杂的社会协作问题, 包括各种技术难题的处理, 利益冲突和沟通问题的调解等。工程实践的“非完美性”体现为工程建造实施过程中多样矛盾的存在和制约使得“工程物”无法成为完美工程, 但工程共同体通过对矛盾问题的有效处理, 能

够达到工程与自然、工程与社会、工程与人之间的整体“更和谐”, 促进工程活动顺利推进和“工程物”有效运行。

第三, 工程“非完美性”体现为工程建造实施过程中存在不确定性和不可控性。工程建造实施过程是人与自然间进行“物质变换”的过程, 遵循特定的自然法则。纵观自然历史过程, 经历了由“低级的平衡结构”——自发的趋向“无序”和“熵增加”——平衡结构否定自身形成自组织的耗散结构^{[10]283}这一由简单到复杂的演进过程, 人类对自然的认识 and 把握也经历了崇拜和敬畏自然、支配自然再到尊重保护自然的转变, 但始终无法穷尽自然的秘密。自然界发展的无限性与人类对自然规律把握的有限性, 决定了工程实施的过程实际上是通过利用已知规律来改造或完善工程物, 但无法创造出穷尽一切规律、在任何时空条件下都绝对完美的工程物。而且工程作为一个开放的复杂巨系统, 其作用对象及其内在要素的“显示程度”, 工程外部环境的不可抗力 and 不可控因素、工程主体可利用工具和技术的水平决定了工程实施的“限度”。质言之, 工程实施范围、程度和工程物的形成, 都是建立在“可测量”的事实和条件之上的, 这就意味着随着时代发展和人类认识水平、实践能力的提升, 当下产生的所谓“完美的工程物”也会因动态演进而变得不完美、落后甚至被淘汰。

2.3 工程运行和工程退役的“非完美性”

第一, 工程实践的“非完美性”体现在工程系统运行的“容错性”上。通观工程运行过程会发现, 工程在正常运行一段时间后, 因工程物内部功能衰退、系统故障和效能降低, 以及工程生态外部变化等无法再满足人类社会需要, 从而面临着工程改造或工程重建。而容错就是指“系统即使在存在故障的情况下也能保持和提供所需级别的功能”^[15], 并且通过错误检测、恢复、更新和改造确保工程系统“不间断运行”。工程运行的“容错性”既是对工程物无法实现永恒运行这一客观必然规律的遵循, 也是对诸如“失败”“完全瘫痪”这些尖锐矛盾和重大工程问题的避免。换言之, 工程运行的“非完美性”绝非工程运行的不安全甚至“完全瘫痪”, 而是工程物在运行过程

中虽然无法达到完美状态,但是能够“在一定范围内和一定程度上‘带病’‘可靠运行’”^{[8][21]}。比如,被誉为大国重器和2021年全球十大工程成就的三峡工程实际上也印证了工程运行的“非完美性”。“三峡工程论证、勘察设计、建设和运行100年的过程是不断解决问题的过程”^[16]。从工程系统本身来看,自三峡工程建设运行以来,泄洪坝段曾陆续出现温度裂缝、坝体渗水、大坝沉降及受力后弹性变形所产生的位移等问题^[17];从工程外部生态来看,它存在水污染、水库泥沙淤积问题以及库区“移民‘返流’‘产业空虚化综合症’”^[18]等区域性社会问题。但通过细致的综合补强措施、科学的运行维护制度体系以及相关政策制度保障等,三峡工程不仅能够长期稳定运行并发挥功能,而且能够为人民、为社会创造出巨大的综合效益。

第二,工程实践的“非完美性”体现在工程退役的最终结果上。总的来看,任何工程物都会因工程设计寿命完结、系统功能丧失、政策变化、威胁生态环境和人类生存发展以及其他不可抗力因素最终走向“退役”。以我国重大政策的优化调整为例,“以环境换经济”行为的明令废止和“绿色发展”政策理念的提出造成全国诸多大型煤矿工程停产、停建。具体到工程退役的原因和结果,像煤炭工程、煤焦油加工工程、工业固废填埋工程等,由于极易导致资源能源枯竭和威胁人类生命健康而被迫退役。而且工程退役会导致相关利益主体“社会生态位”的变更、社会结构的调整以及社会秩序混乱甚至负向变迁。工程退役过程中产生的矛盾和潜在问题,以及工程退役的最终结果恰恰印证了工程实际上是非完美的。

3 工程全生命周期中非完美现象的纾解策略

新发展阶段下探索纾解工程非完美现象的具体策略,需要运用工程社会学理论,立足工程“非完美性”的现实表征,围绕工程共同体、聚焦工程活动全生命周期中的非完美现象,通过建立协作专业、开放包容的工程共同体,增强工程决策的科学性与工程设计的可持续性,提升工程建设的精度控制与智能化水平,加强工程系统运行的自适应性及可靠性,进一步

纾解工程活动中存在的非完美现象,推动工程实践高质量发展。

3.1 工程共同体层面:建立协同专业与开放包容的工程共同体

工程共同体是由工程决策者、工程师、设计师、科技专家、工人、企业家、投资者、管理者、工人等多元利益主体为实现特定工程目标,有组织、有计划地构建起来的复杂工程主体系统。一项具体的工程活动牵涉到工程共同体内部多元主体间的信息交流、利益协调、任务分工和沟通协作。因此,一个良性互动的工程共同体是纾解工程问题并保证工程成功实施的重要条件。鉴于此,从工程主体层面纾解工程活动中的非完美现象,就是要构建协同专业、开放包容的工程共同体,最大限度提升工程共同体的整体实践效能,避免因工程共同体专业能力不足和沟通协调问题引致工程的不完美。一是构建多元主体协同合作的工程共同体队伍。凝聚卓越工程人才、高水平科技创新人才合力,积极引进国外优秀人才,大力培育能够把握工程发展方向、前瞻性预测工程发展趋势、统筹部署工程发展规划、明确工程发展任务的战略型人才^[19],构建集大师、战略科学家、卓越工程师、设计师、大国工匠、高技能人才和企业家等在内的工程共同体队伍,面对工程活动中存在的决策问题、利益矛盾和协作冲突等,要遵循共商、共建和共治的原则,以沟通解决争议,以协商化解分歧,从而最大限度汇聚起工程共同体中多元主体的协同合力。二是培育专业能力强和规模宏大的卓越工程师队伍。坚持问题导向、需求导向、理论与实践相结合的导向,“加大工程技术人才自主培养力度”^[20],瞄准工程问题、发展前沿和人民需求部署工程师队伍,针对性调整工程知识体系、学科专业设计,并适应性配备工程实践“练兵场”,针对性提升工程师的理论素养和实践能力,培育大批热爱祖国、敬业奉献,并且具有突出创新能力、专业知识能力和复杂问题处理能力的卓越工程师队伍。三是面向世界工程前沿,推动构建跨学科、开放包容的国际工程共同体。一方面要积极同国际社会各领域的工程人才进行交流与合作,并且引进国际社会工程技术领域的优秀人才;另一方面要顺应

工程活动发展趋势, 大力培育具有跨学科视野、能够前瞻性预测工程发展趋势、把握工程发展战略方向、明确工程建设任务的复合型人才, 从而形成具有跨学科视野且开放包容的国际工程共同体。

3.2 工程思维层面: 增强工程决策的科学性与工程设计的可持续性

在工程思维层面, 工程“非完美性”主要体现在工程决策的“超协调逻辑”与工程方案设计的“非唯一性”上, 这意味着要不断提升工程的容错性。质言之, 就是要通过提升工程项目决策的科学性与工程整体设计的合理性和可持续性, 有效化解工程实施建设过程中的问题, 控制、调和工程物内在的结构性矛盾。因此, 新发展阶段下工程实践需要以“高质量发展”为引领, 提升工程决策的科学性, 强化工程设计的可持续性, 推动工程实践高质量发展。一是建立健全工程活动决策机制, 增强工程决策的科学性。工程决策者、卓越工程师和战略科学家要紧紧围绕国家发展、人民需求和客观现实, 明确工程活动的基本方向、主要任务、参与主体、进度安排、实施程序 and 操作方法等总体方案。在总体决策方案制定的过程中, 基础是要加强工程信息共享与工程主体间的交流沟通, 确保工程方案能够最大限度满足多方利益诉求, 整体可持续发展以及高质量发展要求; 核心是要加强决策评估, “科学规律为设计师和工程师的工程思维设置了对于工程活动中存在‘不可能目标’和‘不可能行为’的‘严格限制’”^{[8]204}, 基于此, 工程评估需要汇集多学科、多领域人才, 建立健全工程项目的风险评估体系、工程实施建造可行性评估体系, 同时构建专业的工程评估委员会、委托第三方评估机构共同开展评估, 提升评估结果的科学性和准确度。二是综合工程决策评估和实地勘测数据推进工程设计, 最大限度地保证工程设计的合理性与可持续性。工程决策方案是在思维中预先形成的关于理想工程物的观念模型, 工程设计则需要综合工程决策方案评估结果、工程实施的客观现实条件以及未来工程发展趋势, 全方位考量工程的经济效益、社会效益、抗风险能力、稳健性、技术性、功能性、绿色性和人文性等多种因素, 通过工程勘察、实地监测、数据测算等, 从整体

上绘制出兼具经济社会效益、艺术造型、完备功能、先进技术、安全可靠、绿色环保等特性的工程设计图, 最大限度确保工程设计的可持续性。与此同时, 工程师和技术专家可以通过工程数据的全面搜集和精细化处理、算法结构和算法能力的改进等来提升工程算法的收敛性和精度, 诸如“面向全局和工程优化问题的混合进化JAYA算法”^[21]的介入, 能够通过工程设计精准性的提升来减小工程建造过程中的失误, 同时利于增强工程整体运行的连续性。

3.3 工程建造层面: 提升工程建设的控制精度与智能化水平

在工程建造层面, 工程“非完美性”主要体现为“设计图”与工程实施间存在“偏差”, 且工程实施过程中面临诸多不确定因素和不可控性。基于此, 纾解工程建造中的非完美现象客观要求提升工程主体对于工程建设的控制精度, 工程测量精度和系统精度以及工程的智能建造水平。一是加强高技能复合型工程人才的培养, 提升工程主体对于工程建设的控制精度。工程建设中机器技术的规模化应用一定程度能够确保工程材料和工件标准处于合格水平, 避免因工件材料或标准不合格引发工程质量和安全风险, 但是对于一些高技术、高精度部件的生产, 当前机器技术很难完成, 需要卓越工程师和高水平技术人员的制造和精细打磨。因此, 要健全高水平技术型人才培养体系, 大力加强工程师、技术专家、工匠等主体理论知识学习和操作技巧的培训, 特别是要大力培育掌握多方面专业技能、练就过硬技术本领、熟练操作多种仪器设备并且能够解决复杂工程问题的复合型高技能人才, 从而不断提升工程主体对于工程进度、工程设备、工程部件等工程建设的控制精度。二是加强工程建设中数字化技术的应用, 提升工程测量精度。在工程建设过程中, 要加强诸如地理信息系统 (GIS)、遥感技术 (RS) 和全球定位系统 (GPS)、三维激光扫描仪、扫描全站仪等先进技术和设备的应用, 在精准获取工程测量数据的同时, “通过对测量数据数字量转化、降噪、压缩, 实现实测量数据预处理; 通过对测量数据曲线拟合, 分析工程建设线变形情况, 从而确定工程建设施工精度”^[22]。三是加强工程建设中大数

据、人工智能等高新技术的运用,提升工程活动的智能建设水平。新时代新征程,聚焦工程建设活动,一方面要推进大数据、区块链、物联网、人工智能技术的融合运用及其优势叠加发挥,下大力气发展“面向全产业链一体化的工程软件、面向智能工地的工程物联网、面向人机共融的智能化工程机械、面向智能决策的工程大数据等”^[23]四类关键工程技术,提升工程智能建造水平;另一方面,要大力培育以先进技术、颠覆性技术为核心的新质生产力,积极推动高技术嵌入工程系统以及新质生产力赋能工程建设实践,提升工程本身的系统控制精度和工程的智能建造水平。

3.4 工程运行层面:加强工程系统运行的自适应性与可靠性

在工程运行层面,工程“非完美性”主要体现在工程系统运行的“容错性”与工程物“可靠运行”的程度上。基于此,纾解工程非完美现象客观上要求不断提升工程的故障容许度以及工程运行的可靠性,加快构建工程的自适应控制系统,打造“可靠工程”。一是要加强自适应控制技术在工程活动中的推广运用,构建复杂工程环境下的自适应系统。质言之,就是要推动技术革新,“构建基于自适应控制技术的大型建设工程项目实施状态诊断指标自动调整模型”^[24]。具体来看,工程共同体要设计包含工程数据搜集处理、实施状态监测诊断、工程运行反馈评估与自主调控优化等功能模块在内的工程管理自适应系统。首先,工程师、相关技术专家等依据具体分项工程和分部工程,针对性设置工程实施状态和运行管理诊断指标;其次,工程管理者通过对工程运行数据进行搜集处理、反馈评估,了解工程运行的具体状况,同时及时对照工程诊断指标发现存在问题和潜在问题;最后,工程师、相关技术专家通过评估结果,针对性调整、处理相关参数,推动工程局部参数优化,进而提升工程整体“自组织、自反馈、自调控的系统性行为能力”^[24],使其在适应复杂环境变化时,也依然能够处于一种更稳定以及更优的运行状态。二是要构建具有“自适应协同”特征的工程项目管理系统,打造可靠工程。质言之,就是要发挥主体协同作

用,构建多元主体“自适应协同”的工程管理机制。系统工程运行事关工程师、设计师、技术工作者、工匠、管理者、维护人员以及用户等多元利益主体,涵盖了“工程系统的技术设计、工程系统的建造及验证、工程系统的最终验收和交付”^{[25]94}等多个流程。因此,一方面需要构建完善的主体负责制和协同合作机制,通过及时有效的沟通协作,确保在单个流程、流程转换、跨流程协作时,工程建造、系统运行、正常服务的连续性和稳定性,避免因沟通不畅引发工程安全问题,同时要明确不同主体在具体工程运行流程中应当承担的主要职责,严格工程质量管理、安全管理和进度管理,压紧压实主体责任,坚决避免因主体责任落实不到位导致过度延期、引发工程风险;另一方面要健全工程风险监测、预警和处理机制,这就需要工程管理者、监督者、工程师、工匠、技术专家等协同发力,建立工程风险监测预警系统和应急处理系统,形成涵盖风险预警、找准问题、及时反馈、评估问题、维护处理的工程应急处理协同网络。

在工程寿命期结束后,要“增强工程退役意识,逐步构建退役成本效益分析、退役影响分析、退役管理等系统化的退役流程”^[26],合理推动工程退役。具体来看,就是要建立由政府、工程师、设计者、管理者、决策者以及利益攸关者等组成的工程共同体,“遵循经济、社会、环境总体最优原则,兼顾相关方的基本需求和利益”^[27],立足工程安全、社会影响、生态影响、潜在危害以及退役成本等具体情况,对工程是否能够退役进行科学评估;在确定工程退役事实的基础上,进一步明确退役的主要任务、具体方式和先后次序,组织专家团队制定工程退役的具体方案。在工程退役过程中,要实施严格的过失问责机制,确保工程安全、平稳、有序退役,坚决禁止出现像日本福岛核污水排海这一类严重损害自然环境、威胁人类生存发展以及损害后代利益的工程退役行为。

4 结语

新时代新征程,站在工程建设取得重大成就、积累了宝贵经验,并且新质生产力即将为工程实践带来突破式革新的关键节点,以工程社会学之思反思工程

现实实践、廓清构建“完美工程”的迷思具有重要性和必要性。总的来看,“非完美性”实际上是一个在界限、水平和程度上具有“相对性”的概念,它区别于“不完美”“不安全”的事实表达,实质是一种强调“可期待局限美”的价值表达。通过理论分析和案例研究相结合的方法,可以发现“非完美性”贯穿于工程活动全生命周期,并且突出表现在工程决策的“超协调逻辑”,工程规划设计的“非唯一性”,工程决策到具体实施间存在的“偏差”,工程主体能力的局限性,工程实施中存在的不确定性和不可控性,工程系统运行的“容错性”以及工程退役的最终结果

上。需要强调的是,人类虽然无法构建出“完美工程”,但是通过对工程活动各个环节的全面调整和系统优化——构建协同专业、开放包容的工程共同体,增强工程决策的科学性与工程设计的可持续性,提升工程建设与控制精度与智能化水平,加强工程系统运行的自适应性与可靠性,能够真正实现工程实践的高质量发展。而工程“非完美性”的社会实践反思有助于人们在推动工程实践高质量发展的过程中理性看待非完美现象,避免陷入“工程非完美=工程低质量发展”或“一味追求工程完美”等认知误区而影响工程的健康发展,具有重要现实意义。

参考文献

- [1] 习近平致信祝贺中国工程院建院30周年强调发挥国家战略科技力量作用 为实现高水平科技自立自强建设世界科技强国作出新的更大贡献[N]. 人民日报, 2024-06-04(1).
Xi Jinping sent a letter congratulating the 30th anniversary of the founding of the Chinese Academy of Engineering, emphasizing that giving full play to the role of national strategic scientific and technological forces to make new and greater contributions to the realization of high-level scientific and technological self-reliance and self-reliance and building a world scientific and technological power[N]. People's Daily, 2024-06-04(1).
- [2] 伍军. “非完美性”反思及工程实践非完美现象的分析[J]. 自然辩证法通讯, 2024, 46(5): 18-24.
Wu J. Reflections on imperfection in engineering practice[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2024, 46(5): 18-24.
- [3] 孟克迪, 李文玲, 李翔. 中国式现代化视域下的工程实践创新与工程理论创新的相互促进: “2023 西安工程哲学论坛”暨工程实践与工程理论的“非完美性”会议综述[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2023, 15(4): 359-363.
Meng K D, Li W L, Li X. Mutual promotion of engineering practice innovation and engineering theory innovation from the perspective of Chinese modernization: Summary of “2023 Xi'an Engineering Philosophy Forum” and “Imperfection” Conference of Engineering Practice and Engineering Theory[J]. Journal of Engineering Studies, 2023, 15(4): 359-363.
- [4] 张云龙, 史亚楠. 工程非完美性的哲学审视[J]. 自然辩证法通讯, 2024, 46(5): 9-17.
Zhang Y L, Shi Y N. A philosophical review of engineering imperfection[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2024, 46(5): 9-17.
- [5] 梁军, 孟克迪, 耿天宝. 实践理性视域下人工智能的非完美性探析[J]. 自然辩证法通讯, 2024, 46(5): 25-33.
Liang J, Meng K D, Geng T B. Exploring the imperfection of artificial intelligence from the perspective of practical rationality[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2024, 46(5): 25-33.
- [6] 康兰心, 张雯钰, 方成龙. 论工程实践“非完美性”的哲学基础[J]. 自然辩证法通讯, 2024, 46(5): 1-8.
Kang L X, Zhang W Y, Fang C L. The philosophical basis of “imperfection” in engineering practice[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2024, 46(5): 1-8.
- [7] 杨耕. 论辩证唯物主义、历史唯物主义、实践唯物主义的内涵——基于概念史的考察与审视[J]. 南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学), 2016(2): 5-25, 157.
Yang G. On the synonymy of dialectical materialism, historical materialism and practical materialism: A review based on the origin and development of conception[J]. Journal of Nanjing University(Philosophy, Humanities and Social Sciences), 2016(2): 5-25, 157.
- [8] 殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪, 等. 工程哲学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
Yin R Y, Wang Y L, Li B C, et al. Philosophy of Engineering[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2018.
- [9] 龙翔. 论工程的合目的性与合生态规律性的统一[J]. 自然辩证法研究, 2009, 25(1): 81-85.
Long X. On the purpose and ecological rules unifying into the engineering[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2009, 25(1): 81-85.

- [10] 萧前, 杨耕, 等. 唯物主义的现代形态: 实践唯物主义研究[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
Xiao Q, Yang G, et al. Modern Form of Materialism: A Study of Practical Materialism[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2012.
- [11] 黑格尔. 小逻辑[M]. 贺麟, 译. 北京: 商务印书馆, 2018.
Hegel. Hegel's Shorter Logic[M]. Oxford: Clarendon Press, 1873.
- [12] 马克思恩格斯文集(第4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.
Karl Marx & Engels Collected Works(Volume 4)[M]. Central Compilation and Translation Bureau. Beijing: People's Publishing House, 2009.
- [13] Barrio E A, Clerbout N, Rahman S. Introducing consistency in a dialogical framework for paraconsistent logic[J]. Logic Journal of the IGPL, 2020, 28(5): 953-972.
- [14] 梁军, 陈学琴. 新科技革命视野下科学与人文融合发展的世界图景: "自然辩证法"及其理论范式的再思考[J]. 自然辩证法通讯, 2020, 42(12): 27-34.
Liang J, Chen X Q. The world vision of the integrated development of science and humanities from the perspective of the new technological revolution: Rethinking "Dialectics of Nature" and its theoretical paradigm[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2020, 42(12): 27-34.
- [15] Ferreira F H C, Nakagawa E Y, Bertolino A, et al. A framework for the design of fault-tolerant systems-of-systems[J]. Journal of Systems and Software, 2024, 211: 112010.
- [16] 张云昌. 三峡工作高质量发展的八个问题[J]. 三峡生态环境监测, 2024, 9(1): 1-8.
Zhang Y C. Eight problems of high-quality development of Three Gorges work[J]. Ecology and Environmental Monitoring of Three Gorges, 2024, 9(1): 1-8.
- [17] 林初学. 三峡工程寿命有多长[J]. 中国三峡, 2022(3): 78-89.
Lin C X. How long is the life of the Three Gorges Project?[J]. China Three Gorges, 2022(3): 78-89.
- [18] 孙元明. 三峡库区"后移民时期"若干重大社会问题分析——区域性社会问题凸显的原因及对策建议[J]. 中国软科学, 2011, (6): 24-33.
Sun Y M. Analysis of some major social problems in the "post-migration period" in the Three Gorges Reservoir area: The causes of regional social problems and countermeasures[J]. China Soft Science, 2011(6): 24-33.
- [19] 陈学琴, 梁军. 坚持"四个面向"推动高水平科技自立自强的战略判断与实践路径[J]. 云南行政学院学报, 2024, 26(3): 1-11.
Chen X Q, Liang J. Adhering to the "Four Orientations" to achieve greater self-reliance and strength in science and technology: A strategic judgement and practical path[J]. The Journal of Yunnan Administration College, 2024, 26(3):1-11.
- [20] 习近平在"国家工程师奖"首次评选表彰之际作出重要指示强调, 坚定科技报国为民造福理想 加快实现高水平科技自立自强服务高质量发展[N]. 人民日报, 2024-01-20(1).
Xi Jinping made important instructions on the occasion of the first selection and commendation of the National Engineer Award, emphasizing that we should strengthen the ideal of science and technology serving the country for the benefit of the people and speed up the realization of high-level science and technology, self-reliance, self-improvement and high-quality development[N]. People's Daily, 2024-01-20(1).
- [21] 刘景森, 杨杰, 李煜. 面向全局和工程优化问题的混合进化JAYA算法[J]. 工程科学学报, 2023, 45(3): 431-445.
Liu J S, Yang J, Li Y. Hybrid evolutionary JAYA algorithm for global and engineering optimization problems[J]. Chinese Journal of Engineering, 2023, 45(3): 431-445.
- [22] 周之皓, 李丹, 宋涛, 等. 工程建设中数字化实测实量应用[J]. 自动化应用, 2021(12): 94-96.
Zhou Z H, Li D, Song T, et al. Application of digital measure quantity in engineering construction[J]. Automation Application, 2021(12): 94-96.
- [23] 陈珂, 丁烈云. 我国智能建造关键领域技术发展的战略思考[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 64-70.
Chen K, Ding L Y. Development of key domain-relevant technologies for smart construction in China[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(4): 64-70.
- [24] 王毅, 郭玉, 侯学良. 工程项目实施状态诊断指标的自适应调整模型[J]. 科技管理研究, 2020, 40(4): 226-231.
Wang Y, Guo Y, Hou X L. Self-adaptive adjustment model of implement status diagnosis index in large-scale construction project[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(4): 226-231.
- [25] 殷瑞钰, 李伯聪, 汪应洛, 等. 工程方法论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2017.
Yin R Y, Li B C, Wang Y L, et al. Methodology of Engineering[M]. Beijing: Higher Education Press, 2017.

- [26] 施国庆, 江天河. 全生命周期视角下的工程社会学研究初探: 以对建设工程的分析为例[J]. 自然辩证法通讯, 2019, 41(9): 93-99.
Shi G Q, Jiang T H. A primary study of engineering sociology from the perspective of whole life cycle: A case for analyses of the construction project[J]. Journal of Dialectics of Nature, 2019, 41(9): 93-99.
- [27] 王毅鸣, 王富强, 储小钊, 等. 水电工程退役方式研究与决策[J]. 水力发电, 2022, 48(6): 12-16.
Wang Y M, Wang F Q, Chu X Z, et al. Study and decision-making on decommissioning mode of hydropower projects[J]. Water Power, 2022, 48(6): 12-16.

Engineering “Imperfection” : Social Practical Reflection and Mitigation Strategy

Chen Xueqin¹, Liang Jun^{1*}, Cheng Weiguo²

1. School of Marxism, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Anhui Shuzhi Construction Research Institute Co., Ltd., Hefei 230051, China

Abstract: High-level and high-quality projects are a reliable support and an important guarantee to benefit mankind and create the future. With the practice of high-level technology enabling engineering, the decision makers, designers and construction implementers of some engineering activities have developed the ideal vision of creating perfect projects. However, ignoring the objective inevitability of engineering non-perfection and blindly pursuing the creation of perfect engineering not only seriously restrict the high-quality development of engineering practice, but also easily cause major engineering safety risks. Based on this, based on the social practice of engineering, engineering sociology, engineering philosophy of interdisciplinary vision, innovative proposed and explained the specific connotation of engineering "imperfect", focusing on the whole life cycle of engineering activities, using the combination of theoretical analysis and case study, the engineering "perfection" representation of the reality analysis, and put forward the relief engineering imperfect phenomenon, realize the development of engineering practice quality strategy, in order to the academic circle about "perfect" and "perfection" theory research, and the engineering practice of high quality development strategy to provide some ideas for reference. In general, the research has mainly formed the following views and conclusions: First, the word "imperfection" of engineering is different from the fact that the project is imperfect and unsafe, which is a value expression that emphasizes "expectation", "limitation" and "beauty". From the perspective of the engineering community, The "imperfection" of the project is reflected that there is no defect, And fully accord with the main purpose of all the subjective value orientation of the engineering community perfect engineering; From the social practice of engineering, Engineering "imperfection" is actually a practical reflection, On the basis of abandoning the negative meaning of "imperfect project" and the absolute meaning of "perfect project", Constantly "deconstruct" the way of thinking such as "perfect", "imperfect", "defects" and "complete", And then to achieve the objective inevitability of the understanding; From the perspective of the dialectical epistemology, Engineering "imperfection" is actually a "state of limited existence": A kind of "expected limitation (defects, limited) beauty", is the overall complete state under certain discrimination criteria, is the main body of the project on the basis of comprehensive objective laws, practical practice and development trend, A state of engineering with relativity, limitation and achievable. Second, engineering imperfection is an objective and inevitable phenomenon throughout the whole life cycle of engineering activities. Focus on the whole life cycle of engineering activities, engineering practice of "imperfection" in engineering decision "super coordination logic", engineering planning and design of "uniqueness", engineering decisions to the concrete implementation between "deviation", the limitations of engineering subject ability, uncertainty and Uncontrollability in project implementation, engineering system operation "fault tolerance" and engineering retired final results. Third, although the human can not build a "perfect project", but through the comprehensive adjustment of engineering activities and system optimization, such as building collaborative professional, open inclusive engineering community, enhance the scientific nature of engineering decisions and the sustainability of engineering design, improve the control of engineering construction accuracy and intelligent level, strengthen the adaptability and reliability of engineering system operation, can realize the high quality development of engineering practice.

Keywords: engineering "imperfection"; engineering community; engineering sociology; engineering whole life cycle; high quality development