



# 工程社会学视域下水利工程非完美性探析

孙全<sup>1</sup>, 梁军<sup>1\*</sup>, 仇明清<sup>2</sup>

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:** 作为一项社会实践活动, 水利工程在优化水资源配置和改善生态环境中作用显著, 但其项目规划及实施过程各环节中的非完美性不容忽视。工程社会学这一交叉学科提供了研究工程活动中社会因素与工程技术间相互作用的新视角。在工程社会学视域下分析水利工程活动与社会的关系, 能够加深对水利工程系统与社会之间相互关联和张力的理解, 更深入地认识水利工程活动规律。水利工程受社会因素影响, 同时也影响着社会; 其非完美性主要表现在工程设计中的理想与现实的差距、工程建造中的全面协调与局部妥协, 以及工程使用中的标准化操作与适应性挑战。面向未来, 应形成对水利工程非完美性的新认知, 聚焦非完美性推动水利工程创新发展, 进而借助非完美性在水利工程的社会实践中驱动人的本质力量发展。

**关键词:** 工程社会学; 水利工程; 非完美性; 工程实践; 水利工程共同体

**中图分类号:** C912;

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-4969(2024)06-0622-12

## 引言

水利工程是人类的一种造物行为, 其实质是通过改变河流、湖泊原有的生态环境状态, 对自然界的地表水和地下水进行控制和调配, 以达到解决水资源短缺、优化水资源配置、改善生态环境等经济社会发展目的。从规划、设计、决策, 到实施、运行, 再到对

工程实际效果的评价, 水利工程都深刻嵌入在社会结构和社会关系之中。新时代新阶段, 水利肩负着为中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业提供有力水安全保障的重大历史使命<sup>[1]</sup>。在工程社会学视域下分析水利工程活动与社会的关系, 能够加深对水利工程系统与社会之间相互关联和张力的理解, 更深入地认识水利工程活动规律。工程社会学视域下, 水

**收稿日期:** 2024-07-09; **修回日期:** 2024-08-04

**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:** 孙全 (1996—), 女, 博士研究生。研究方向为马克思主义理论与社会工程。E-mail: 623258454@qq.com

\*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)

仇明清 (1984—), 男, 政工师。研究方向为工程规划、工程管理。

**引用格式:** 孙全, 梁军, 仇明清. 工程社会学视域下水利工程非完美性探析[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2024, 16(6): 622-633. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240088. CSTR: 32282.14.JES.20240088

Sun T, Liang J, Qiu M Q. Analysis of Imperfection in Water Conservancy Engineering from the Perspective of Engineering Sociology[J]. Journal of Engineering Studies, 2024, 16(6): 622-633. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240088. CSTR: 32282.14. JES.20240088

利工程项目规划及实施过程各环节中的风险与矛盾往往是难以避免的。从项目预测与评估的视角来看,即便是最详尽的计划和评估也难以预见所有潜在问题;工程实践的实际经验也证明了水利工程实践并非总能达到完美无缺的状态。

近来有学者提出“工程非完美性”这一概念,以此来阐释工程实践中的非完美现象,并进行了探讨。伍军<sup>[2]</sup>归纳了工程实践中存在的各种非完美现象,辨析了工程实践非完美现象产生的根源,并总结出:完美是相对的,非完美是绝对的;非完美性的实践本质就是践行实事求是的原则,提倡扎根于不完美的现实,不完美探索并遵循不完备的规律,追求可实现的局限美,事实上的整体最美。康兰心等<sup>[3]</sup>从工程哲学的角度探讨了工程实践非完美性的理论基础,分析了工程实践中非完美性的具体表现,指出确认、接纳并立足“工程非完美性”,进一步丰富工程哲学的概念范畴,是以中国风格的工程哲学创新推进当代中国工程实践创新的题中应有之义。张云龙等<sup>[4]</sup>从生存论、认识论、伦理观三个层面对工程非完美性进行了哲学审视,认为工程非完美性的概念有助于人类通过工程反思自我,以“间性”思维处理人与人、人与自然的关系,建造符合公众利益的工程。梁军等<sup>[5]</sup>基于实践理性视域探析了人工智能非完美性,认为人工智能工程实践的非完美性是客观存在现象,但也是推动人工智能发展的动力,要在实践理性视域下接纳并理解人工智能的非完美性,引导人工智能成为合乎人的理想及人的合理需要的存在。

总体来看,学界对“工程非完美性”的研究尚处于起步阶段,学者从不同层面对“工程非完美性”进行了相关探讨,开启了关于工程的新理解,但仍有很大的拓展和深化空间。一方面,以往的研究大都侧重于从一般性工程实践的视角对工程实践“非完美性”进行总体概述,鲜少从具体工程领域进行非完美性分析;另一方面,以工程社会学为理论视域探讨工程非完美性的研究不足,对“工程非完美性”和工程社会学间的共性联结、价值功能挖掘不够<sup>[6]</sup>。本文立足于工程社会学相关理论,从工程非完美性维度切入,对水利工程非完美性的内在运行机理进行全面审视和深入分析,探索工程社会学视域下水利工程非完美性的

未来发展,以期更好地发挥水利工程在社会发展中的推动作用。这不但是丰富关于水利工程的社会学研究的应有之义,也是深化和拓展“工程非完美性”问题研究的内在要求。

## 1 水利工程的工程社会学视域解读

工程活动不仅是技术层面的造物活动,而且是涉及经济、文化、环境、伦理等诸多因素的社会实践活动<sup>[7]</sup>,在社会生活和社会实践中占据最基础的地位<sup>[8]</sup>。水利工程作为一种经济社会的建构性活动,一方面,其开展与实施总是在一定的社会结构中进行,受到社会结构和社会规范的影响和制约,另一方面,水利工程活动集中体现着人与人、人与社会的关系,并且通过工程活动不断改造着自然面貌,为人类的生存和发展提供必需的物质生活条件。

### 1.1 水利工程具有社会性

工程活动是人类最基本的社会活动方式。水利工程作为一种复杂的社会性工程实践,具有相对独立的社会系统。同时,水利工程也置身于社会大系统之中,是社会大系统的重要组成部分。

其一,水利工程是创造和建构新的社会存在物的人类实践活动<sup>[9]</sup>。水利工程的发展深深扎根于社会物质生产活动之中,伴随着人类社会的发展而逐步演进。从原始社会利用水资源进行灌溉和渔猎,到古代社会修建灌溉系统和堤防,水利工程逐渐萌芽并发展。大禹治水、都江堰、灵渠等古代工程,不仅展现了古人对水资源利用的智慧,也推动了农业和商业的繁荣。唐代的犍尾堰(今都江堰)和历史上的京杭大运河提升了农业生产效率,促进了商品流通和文化交流,明代治理黄河的过程中,尝试引入测量和计算技术,为后来水利事业的进步和发展提供了有益的启示和参考。新中国成立后,水利事业飞速发展,黄河小浪底水利枢纽、三峡工程、南水北调等重大工程改善了水资源分布,满足了人类对水资源的需求,推动了相关产业的发展,为社会进步提供了有力支撑。

其二,水利工程以共同体活动的方式开展(图1)。工程共同体是由参与工程活动的各方组成的社会

共同体<sup>[10]</sup>。水利工程活动涉及地质、气象、环境、经济、社会等多个领域的知识技术以及多种利益群体,需要各专业领域的工程师以及工人、投资者、管理者、其他利益相关者所组成的工程共同体在水利工程活动中发挥作用。一方面,水利工程涉及复杂的水文地质条件分析。在水利工程建设前,需要地质学、水文学等专业人士进行详细的水文地质勘察,了解流域内的水资源分布、地形地貌、地质构造等条件,为工程设计提供科学依据。另一方面,水利工程建设往往会对周边环境产生一定影响,如改变水流方向、影响生态平衡等。因此,在水利工程建设过程中,需要生态学、环境工程等学科的专业人士参与,并充分考虑生态环境保护问题。此外,水利工程建设还涉及大量的土方开挖、混凝土浇筑、设备安装等施工任务,需要技术人员和施工人员密切合作。水利工程的规划、设计、施工、管理等各个环节,也需要与政府部门、企业、社区等各方进行密切合作<sup>[11]</sup>。

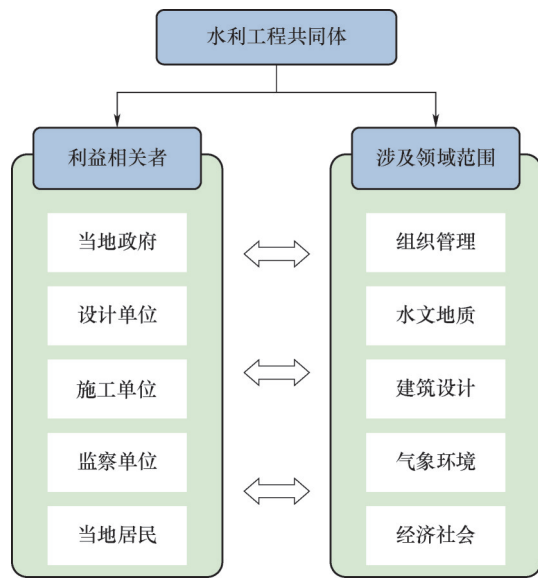


图1 水利工程共同体利益相关者及涉及领域范围

Figure 1 Stakeholders and scope of involvement in the water conservancy engineering community

其三,水利工程可以看作社会系统工程。在构成要素上,从水源的勘探与选择,到水库、水闸、堤防等基础设施的规划与建设,再到水资源的调配、管理

与保护,水利工程每一个环节都涉及多个方面的因素。在结构上,水利工程系统呈现出组织性和层次性。从大型水库到细微的灌溉渠道,从防洪堤坝到水电站设施,它们共同构成了水利工程系统的骨架。此外,由于水资源是可再生但有限的资源,水利工程的建设和运行必须考虑其长期影响和可持续性,在追求当前利益的同时还要考虑未来社会的发展和资源的可持续利用,水利工程各环节及构成要素见图2。

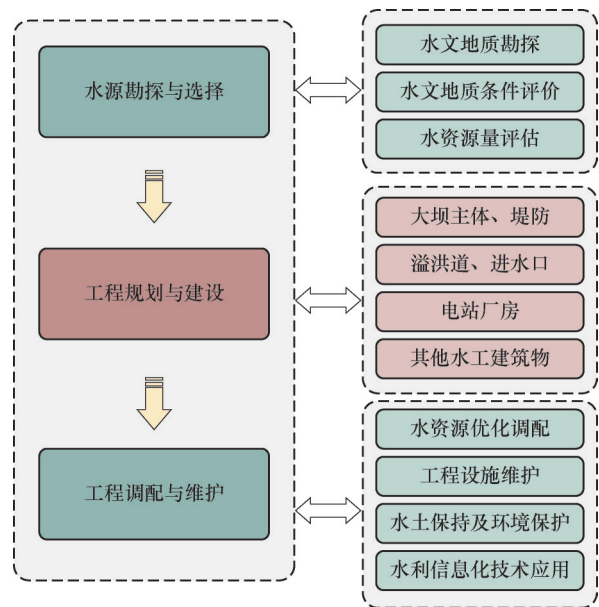


图2 水利工程各环节及构成要素

Figure 2 Various links and constituent elements of hydraulic engineering

## 1.2 水利工程具有社会功能

水利工程的发展和变革深深植根于社会发展实践中,不仅为社会创造了更多的物质财富,改变了人自身的生活条件和生存境遇,而且凝结和蕴含着大量的历史文化信息,是储存、创新和传承人类社会文化的载体。

其一,修建水利工程是社会发展的客观需要。需求是工程实践的最初动因,一切造物活动都是为了满足人的需要<sup>[12]</sup>。首先,作为社会发展的基础设施,堤防、防洪墙等水利工程可以通过蓄洪、分洪、排洪等措施抵御洪水的侵袭;水库、水渠等可以储存和调

配水资源,以应对干旱等灾害,有效防灾减灾。其次,水利工程的建设可以改善交通运输条件,降低物流成本,还能够提高水资源的利用效率,降低生产成本。此外,水利工程的建设在生态环境保护方面也具有重要意义,如修建生态水库、设立湿地保护区等可以保护水生动植物的栖息地,修建水土保持工程可以防止水土流失和土地荒漠化。

其二,水利工程为社会存在和发展建立物质条件基础。水利工程作为“水利引擎”,在推动我国经济建设、社会发展中发挥着强大的物质支撑作用。在农业生产中,水利灌溉系统能够提供可靠的灌溉水源,从而提高农作物的产量和质量,保障国家的粮食安全。对于城市供水,水库、水厂等水利工程设施能够为人们的日常生活提供稳定、清洁的饮用水源,还能工业生产提供必要的水资源,促进工业经济的发展。水利工程在发电和航运方面也具有重要意义。水力发电作为一种清洁能源,具有环保、可再生等优点。水利工程通过建设水电站等设施,将水能转化为电能,为人们的生产生活提供源源不断的动力。水利工程还能改善航道条件,提高航运能力,促进水上交通的发展。

其三,水利工程是社会文化和文明的载体。我国是具有五千多年文明史的文明古国,水利文明更是中华文明史中一颗璀璨的明珠。水利工程作为人类智慧与技术的集中体现,反映着文明的发展和社会的变迁。一方面,作为人类改造自然的现实、具体方式<sup>[13]</sup>,水利工程体现了人类对于自然环境的深入理解和改造能力,人们通过辛勤的劳动,运用地理、水文、土木、机械等多个学科的知识,进行精密的规划和设计,改变了水资源的分布和利用方式,满足了社会的需求。另一方面,水利工程承载了大量的历史文化信息。中国古代的京杭大运河、都江堰等水利工程,不仅解决了当时社会的用水及水患问题,促进了经济发展和文化交流,还记录了人类治水的历史,为了解过去的政治、经济、文化和科技发展特征提供了物质载体,成为中华民族勤劳、勇敢和智慧的历史见证<sup>[14]</sup>。

### 1.3 社会对水利工程的影响

工程的进步既取决于科学、技术要素本身的状况和性质,也取决于非技术要素所表达的一定历史时期社会、经济、政治、文化等因素的状况<sup>[15]</sup>。社会对水利工程的形塑作用不仅体现在水利工程的规划、设计、建设等各个环节,更深刻地影响着水利工程的功能定位、发展方向以及管理策略。

其一,社会经济发展对水利工程的形塑具有决定性作用。一方面,经济发展推动了水利工程技术的创新和应用。随着科学技术的不断进步,遥感技术、地理信息系统(GIS)、智能监测等先进技术的应用,使得水利工程在勘测、设计、施工等各个环节都更加精准和高效。另一方面,随着经济的快速增长,社会对水资源的需求不断增加,对水利工程的规模、功能、效益等方面也提出了更高的要求。这促使水利工程不仅要满足基础的供水、防洪功能,还要在规划上更加注重水资源的高效利用和合理配置,在设计上更加注重技术创新和节能减排,在建设上更加注重质量和效益的均衡。

其二,社会政策导向对水利工程的发展具有重要影响。政府通过制定相关政策,引导水利工程的发展方向 and 重点。政府在环境保护方面的政策导向能够促使水利工程在选址、设计和施工过程中,采用生态堤岸建设、湿地恢复、植被重建等生态友好的技术和方法,以减少工程对环境的不利影响。政府还可能通过政策支持和资金投入,促进资源要素流动<sup>[16]</sup>,推动贫困地区水利工程的技术升级和管理能力建设,改善贫困地区的水资源条件。此外,政府的政策导向还体现在对水利工程的综合功能开发和多目标管理上。现代水利工程不再仅仅局限于传统的供水、防洪功能,还需要兼顾发电、航运、旅游等多种功能,实现综合效益的最大化。

其三,社会文化和公众意识对水利工程的影响力、作用力也越来越大<sup>[17]</sup>。社会文化和公众意识的变化会影响人们对水利工程的认识和评价,从而影响水利工程的决策和建设。在水利工程建设中,公众对生态环境保护意识的提升,使得水利工程的规划和设计更加注重生态平衡和环境保护。同时,公众对水利

工程安全和质量的高度关注,也促使相关部门在工程建设、管理和维护过程中,更加注重质量和效益的均衡,确保水利工程的稳定运行和长期效益。

## 2 工程社会学视域下水利工程非完美性的具体表现

重大工程项目具有建设规模大、技术难度高、建设周期长,及涉及因素多等特性<sup>[18]</sup>。水利工程作为一项重大系统工程,在设计、建设、使用的各个环节中都可能存在不足之处。在工程社会学视域下,水利工程展现出的非完美性深植于社会、经济、文化以及自然环境的复杂交织之中,反映了水利工程在追求功能最大化与满足社会多元需求之间的平衡挑战,同时也揭示了人与自然、人与社会在水利工程这一领域内的互动与碰撞。

### 2.1 水利工程设计中理想与现实的差距

人区别于动物的一个突出特性在于人能够从未来的目的出发来经营当下的活动。李伯聪教授最初将工程描述为“人类改造物质自然界的完整的、全部的实践活动及过程的总和”,而后又修正为“工程是人类有目的、有计划地改造世界的活动”<sup>[19]</sup>。这一修正不仅强调了工程的目的性,也凸显了计划的必要性。水利工程的设计通常被期望在技术上达到最优,以最大限度地满足人类对于水资源的需求。一个理想的水利工程应该能够完美地调节洪水、确保农田灌溉、为城市提供稳定的供水等。水利工程设计的目的性不仅体现在技术上的完美追求,也体现在对于社会福祉的追求与期望,希望能够通过水利工程的建设与运营,实现社会整体利益的最大化。

然而,现实与计划之间往往存在差距。一方面,水利工程有自身的功能结构、本质特征和发展规律,作为技术的集成和综合优化,水利工程的设计必须遵循一定的科学原理和技术标准。由于科学技术的不断进步和新的设计理念的提出,水利工程的设计也需要随之不断发展和变化。科技的不断进步不仅为水利工程设计提供了更多的可能性,同时也对其提出了更高的要求,使得设计结果与最初的目标存在一定的偏

差,这种差异反映了现实条件与理想目标的张力,也揭示了水利工程设计中的复杂性和多元性的本质。同时,水利工程作为科学技术转化为现实生产力的桥梁和动力<sup>[20]</sup><sup>42</sup>,承载着将理论创新转化为实际应用的关键使命。在其独特的“中介”作用机制中,水利工程设计不仅反映了科学技术发展的内在逻辑,还要通过实际设计过程,将理论创新转化为具体可行的工程方案。这种转化过程要求工程设计既要遵循科学技术原理,又要紧密结合实际需求和现实条件,在满足工程功能性和安全性的基础上,充分考虑现实条件的限制。

另一方面,自然是工程活动赖以进行的前提和基础<sup>[21]</sup>,作为客体的水利工程处于大自然之中,尊重并考虑自然规律是水利工程设计的首要前提。水文循环、地质构造、气候变化等多方面的自然规律因素共同影响着水利工程的安全性、稳定性和可持续性,现实要求水利工程设计必须基于实地调查、数据分析和科学预测,充分考虑自然条件的限制。但是,由于自然界的 change 多端,而人类对于自然的认知和技术手段有限,这种工程实践中的主体-客体矛盾性<sup>[22]</sup>,使得水利工程在设计中难免会出现预测偏差或技术难题等。例如,为了应对保护耕地、减少移民和保障粮食安全的挑战,峡江水利枢纽工程在设计中,创新性地提出了“抬田工程”方案<sup>[23]</sup>。这一方案旨在通过抬升浅淹没区的耕地高程,辅以配套完善的灌溉、排水设施,将原先的冷水田、低产田等改造成高标准农田。然而,尽管“抬田工程”在设计上具有显著优势,但由于自然条件的复杂性和不可预见性,部分抬田区的水土保持效果未能达到预期,需要后续加强治理;部分农田的灌溉系统仍需进一步完善,这些都体现了水利工程设计中的理想与现实的差距。

### 2.2 水利工程建造中的全面协调与局部妥协

水利工程包含了多个相互关联的环节和组成部分,是一系列复杂系统、结构和功能的有机统一。在建造过程中,每一道工序、每一种材料的选择、每一台设备的运行,都与工程整体紧密相连,需要严格遵循整体设计的要求。水利工程的整体协调性不仅体现在其严谨的物理结构上,更显著地表现为其涵盖的政

府、投资者、承包商及当地居民等多个利益相关方之间的紧密关联和相互依赖。理解和平衡这些利益相关方的关系,是确保水利工程整体性和协调性的关键。

一方面,水利工程中各个具体的组成部分都是构成水利工程整体不可或缺的一部分,每一个部分的质量和性能都会直接影响到整个水利工程的运行效果。在建造水利工程时,工程师们往往会对每一个环节进行深入的分析 and 研究,力求在每一个细节上达到最优。然而,当过度追求某一环节的局部最优时,往往可能忽视了这种最优化对整个系统的影响。例如,为了在某一段河道上实现最佳的防洪效果,可能会选择使用最高端的材料和设备,但这样的选择可能导致工程的整体设计和施工复杂度增加。为了确保每个环节的完美衔接和协同工作,可能需要增加额外的设计工作和施工步骤。这不仅会延长工期,增加人工和时间成本,还可能增加出错的风险和后期的维护成本。因此,在水利工程的建设中,追求局部最优并不一定能够带来整体的最优效益。相反,过度地追求局部最优可能会导致成本的增加和整体效益的降低,甚至可能导致资源的浪费。

另一方面,工程活动总是在一个相关工程、相关组织和相关人群构成的工程价值生态中展开的,并在工程全生命周期中具体加以实现的<sup>[24]</sup>。在水利工程的实施过程中,其涉及的政府、投资者、承包商及当地居民等多个利益相关方各自拥有不同的利益诉求与期望,这些诉求与期望交织在一起,共同构成了工程建设的复杂生态。在整体协调时,需要平衡这些利益诉求,达成共识和合作。然而,当某一利益相关方过于追求自身利益的最大化时,往往容易忽视与其他利益方的沟通和协调,从而引发一系列潜在的问题。以投资者为例,他们通常期望通过水利工程实现经济回报与长期效益。过于追求利润最大化,可能会导致在工程材料选择、设备配置等方面做出次优决策,这不仅可能损害工程的质量和长期效益,还可能影响当地居民的生活环境和福祉。同样,承包商在追求施工进度和成本控制的过程中,也可能忽视与政府和居民的沟通,导致工程在环保、安全等方面存在隐患。

### 2.3 水利工程使用中的标准化操作与适应性挑战

标准化在水利工程建设和管理中扮演着至关重要的角色,它是确保工程可复制性、可预测性和可维护性的基石。通过制定和实施统一的规范和标准,能够加强对物资、场地、人力的综合管理,显著提升水利工程在设计、施工、管理等多个环节的质量和效率,进而增强其可靠性和耐久性<sup>[25]</sup>。遵循这些统一的标准和规范,能够有效避免因设计差异或施工不当而带来的潜在风险,从而确保水利工程的安全稳定运行。此外,标准化的应用不仅有助于提升整个水利行业的专业水平,更能促使工程师和技术人员不断学习和掌握新的知识和技能。同时,标准化也为新技术和新材料的推广和应用提供了有力支持,推动水利工程在技术创新方面不断取得新突破,实现行业的持续发展和进步。

然而,水利工程使用中的标准化和现实中的适用性之间存在一定的矛盾。标准化追求的是统一和规范,而适应性则要求工程能够根据实际情况进行调整和优化。在实际水利工程使用中,这种矛盾关系表现为如何在确保工程质量和效率的同时,又能够满足不断变化的环境和社会需求。水利工程在使用过程中,面对社会需求和环境变化时,必须展现出快速响应和灵活应对的能力,这种能力不仅仅局限于对自然环境的适应性,更涉及对社会需求的敏锐洞察和及时响应。首先,水利工程在运行过程中遵循着一系列标准化操作原则。这些操作原则确保了工程的稳定运行,并满足了基本的防洪、灌溉、发电等需求。然而,自然环境的变化具有不可预测性和动态性,它们可能打破原有的平衡,对水利工程的运行产生深刻影响,当降雨量的增减、河流水位的波动、水质的改变等自然环境发生变化时,这些标准化操作便会面临挑战。例如小浪底水利枢纽的建设及运营,依托于详尽的水文地质研究,构建了防洪、发电、灌溉等标准化操作流程。但黄河泥沙淤积超出预期,对水利工程的蓄洪、发电及生态功能带来适应性难题,这要求小浪底水库标准化操作与适应性并重,通过建设排沙洞、清淤等措施,灵活调整调度,应对泥沙淤积的挑战。其次,水利工程的使用面临着来自社会需求变化的适应性调

整挑战。随着社会经济的迅猛发展和人口的不断增长, 水资源的需求日益多元化和复杂化。这要求水利工程在保持其标准化操作的同时, 必须具备高度的灵活性, 以适应不断变化的社会需求。例如: 在干旱季节, 标准化的供水流程需要调整以满足激增的农业灌溉和城市供水需求; 而在洪水季节, 则需要重新配置水库的蓄水和调度策略, 以减轻下游的防洪压力。这种需求变化对水利工程使用中的标准化操作构成挑战。此外, 水利工程的使用还面临着来自突发事件的适应性调整挑战。无论是自然灾害还是人为事故, 这些突发事件都可能对水利工程的正常运行造成不可预见的冲击。在这种情况下, 水利工程需要在短时间内从标准化操作中迅速切换到应急响应模式, 启动相应的应急预案, 确保水利工程的安全和稳定。突发事件的不可预测性和紧迫性, 给水利工程使用的标准化操作带来了一定的压力。

### 3 工程社会学视域下水利工程非完美性的发展

人类自身的有限性、自然规律的制约因素以及水利工程自身的不确定性等因素决定了水利工程的非完美性是客观存在现象, 我们在面对必须承认的不完美现实, 并且在其基础上去思考问题、分析问题、解决问题<sup>[2]</sup>。正确认识对待非完美性的客观性, 要求在挑战中寻找机遇, 聚焦非完美性来推动水利工程与人类自身、人类社会以及自然界的和谐共生。

#### 3.1 正视非完美性: 形成对水利工程的新认知

在工程社会学的视角下, 水利工程的“非完美性”被赋予了全新的意义。这一观念转变挑战了传统上对于“完美”的过度追求, 促使人们以一种更为务实和科学的视角去理解水利工程的发展状态。非完美性不再是负面标签, 而是现实与科学理想相结合的体现, 揭示了在一定判别准则下的事实上的整体最优<sup>[5]</sup>。

正视水利工程的非完美性, 意味着要实事求是地面对这一客观存在现象, 充分考虑水利工程在设计、建设、运营等各个环节中可能存在的缺陷与不足, 实

事求是地研究工程实践中的经验和教训。一是要以开放和包容的心态正视水利工程的非完美性。水利工程的建设和运营是一个长期的过程, 其中难免会出现各种问题和挑战。这些问题可能是技术上的难题, 也可能是社会、经济、环境等方面的矛盾。面对这些问题, 需要保持开放的心态, 勇于接受和面对挑战。同时也需要以包容的心态去接纳水利工程中的非完美性, 并认识到这些非完美性是可以不断通过不断改进和优化来降低的。二是要坚持以长期视角和全局观念看待水利工程的非完美性。水利工程是一个复杂的系统工程, 其影响范围广泛, 涉及人类社会和自然环境的多个方面。因此需要从长远的角度出发, 考虑水利工程对人类社会和自然环境的长期影响。同时也需要从全局的角度出发, 考虑水利工程与整个生态系统和社会系统的关系, 从而为其可持续发展提供有力的支持。三是正视水利工程的非完美性, 还需要转变过分强调技术理性和工具理性的思维模式。在工程社会学的视角下, 水利工程不仅仅是技术应用的产物, 它更是社会、经济、环境和文化因素的交织体。因此, 在水利工程的设计、建设和运营过程中, 要充分考虑这些因素的影响, 摒弃简单化的工程观念, 解构“技术理性”的神话<sup>[26]</sup>, 实现技术与社会的深度融合, 更好地理解 and 应对水利工程中的非完美性, 推动其向更加全面和可持续的方向发展。

#### 3.2 聚焦非完美性: 推动水利工程创新发展

非完美性是工程发展中不可或缺的一部分。水利工程所处的环境是不断变化的。社会的需求在变, 自然环境也在变, 这就要求水利工程必须能够不断适应新的要求和挑战。而这种适应, 往往需要在非完美性的基础上进行。同时, 从事物发展的趋势来看, 水利工程自身也是一个不断自我否定、持续改进的过程。任何水利工程都不可能一开始就做到完美无缺, 人类对自然和社会的认识总是在不断深化的。水利工程在运行过程中可能会出现各种问题, 这既是挑战也是机遇, 面对水利工程非完美性, 要以开放和创新的视角去看待, 始终保持对水利工程的关注和改进, 以非完美性的创新思维探索推动水利工程发展的技术路径和管理模式。

首先,技术创新是水利工程发展的关键驱动力。在水利工程的实施过程中,不可避免地会遇到各种技术难题,而正是这些难题的存在,促使人们不断探索新的技术路径和方法。面对这些非完美性,要勇于识别并分析问题,结合生态学、环境科学、材料科学、计算机科学等多学科的研究成果,寻找创新的解决方案,通过技术创新提高水利工程的性能,使其更加高效、安全、环保。例如,在水利工程设计中,可以引入先进的模拟技术和分析工具,优化设计方案,减少资源浪费和环境污染。在施工阶段可以采用新型材料和施工技术,提高施工效率和质量。这些技术创新的实践,不仅可以推动水利工程技术的进步,也能够为相关学科的发展提供经验。其次,管理创新是水利工程发展的重要保障。在管理过程中,同样会遇到各种问题和挑战,这些问题源于制度、流程、人员等多个方面。而这些管理方面的非完美性促使我们不断寻求新的管理模式和方法,以优化管理流程,提高管理效率和质量。例如,在水利工程的运营维护阶段,可以采用智能化、信息化的技术手段,提高管理效率和质量。通过建立远程监控系统 and 数据分析平台,可以实时掌握工程运行状态,及时发现并解决问题。此外,还可以引入风险管理理念和方法,对水利工程进行风险评估和预警,降低潜在风险对工程的影响。这些管理创新的实践,不仅能够提高水利工程的管理水平,也能为水利工程的长期发展提供保障。最后,持续改进是水利工程发展的必然要求,要建立科学的评估机制,定期评估水利工程的运行状态和性能表现,通过评估结果的分析,发现工程中的不足和潜力,及时调整工程方案和管理策略。同时,还要关注新技术和新方法的发展动态,及时将其应用于水利工程中,推动水利工程的持续改进和优化。

### 3.3 借助非完美性:在水利工程社会实践中驱动人的本质力量发展

工程不仅代表人们为达成外在目标而进行的创造性实践,更体现了对内在精神追求的确证与深化,是人类本质特征的外在展现<sup>[27]</sup><sup>4</sup>。马克思说:“工业的历史和工业已经产生的对象性的存在,是一本打开了的关于人的本质力量的书”<sup>[28]</sup><sup>306</sup>。为了不断改善生存

环境和生活条件,探索未知世界,人类社会一直通过造物实践活动来建设各种各样的工程。工程成为人们认识世界、改造世界的意志和能力的集中体现,成为人类创造新的生存环境和生产生活方式的最基本的物质实现形式。水利工程是人类智慧与力量的集中体现,不仅展现了人类对自然环境的深刻理解和改造能力,也反映了人类社会的协作与发展。一方面,水利工程是人类本质力量对象化的重要体现。通过精心设计和建设,水利工程将自然界的水资源转化为可供人类利用的形式,如灌溉、发电等。这一过程中,人类利用科技、智慧和创造力,将自身的力量作用于自然,实现了对自然的改造和利用,体现了人类本质力量的对象化。另一方面,水利工程建设也是对人类社会关系的塑造。马克思指出,人的本质在其现实性上是一切社会关系的总和<sup>[29]</sup><sup>501</sup>。水利工程通常涉及大规模人力、物力和财力的投入,需要政府、企业、社会等多方面的参与和协作。

水利工程的非完美性认识在反映人们对自然和工程规律的认知局限的同时,也能够促进人们认识世界、改造世界的意志和能力的发展,以及人的本质力量的不断完善。一是人们应针对水利工程中的非完美性,主动投身于问题的识别与解决过程中。这一过程不仅有助于积累实践经验,更能深化对实际工程挑战的认知,进而提升个体的实践能力。这些实践经验不仅适用于当前问题的解决,也为未来的水利工程建设提供了宝贵的理论支撑和实践指导。二是面对水利工程中的非完美性,要在困难面前展现出坚定的意志力和不懈的探索精神。这种持续的努力和实践将促进个体对世界更深层次的理解,推动认知边界的拓展。在这一过程中,个体的意志和能力能够得到充分的锻炼和提升,为人的本质力量的发展奠定坚实的基础。三是要不断激发人类整体应对工程“非完美”问题的内在动力。人们应深入研究自然规律,提高工程技术水平,不断优化工程设计方案。同时,还可以发挥创新思维和创造力,以应对工程中的问题和挑战。这种创新和创造的过程不仅是对现有技术的改进和优化,更是对新技术的探索 and 开发。通过这样的过程,人类的本质力量能够得到进一步发挥和提升,从而推动人类工程实践整体向更高质量发展。

## 4 结语

每一项工程, 无论其规模大小, 都凝聚了人类的劳动与智慧, 是对自然界复杂系统及社会经济需求的深度对话与探索。然而, 必须承认一个基本事实, 完美无缺的工程是不存在的。这种非完美性并非缺陷, 而是作为推动工程领域持续进步的动力, 促使人们不断思考, 寻求改进与创新, 从而推动工程领域向更高水平发展。水利工程作为关系民生福祉和生态文明建设的重要工程实践领域, 以其独特的视角和复杂的特性, 清晰展示了工程在应对自然、社会、经济等多重复杂因素时所面临的挑战和不确定性, 它如同一面棱镜, 折射出工程实践中普遍存在的非完美性现象, 为我们提供了一个“解剖麻雀”般的具体工程领域, 让我们

得以深入肌理, 细致观察并深刻理解其中的问题与机遇。本文聚焦于水利工程这一具体实例, 通过水利工程深入剖析了工程在应对多重复杂因素时所面临的挑战和不确定性, 揭示了非完美性不仅是工程发展的内在特性, 而且是促进技术创新和思维范式转变的关键。在未来的水利工程及更广泛的工程实践中, 应当以非完美性视角引领整个工程界思维范式的转变, 形成对工程非完美性的新认知, 聚焦非完美性推动工程创新发展, 在此基础上, 推动工程领域向持续优化和动态平衡迈进, 将每一次不完美视为向更高层次完美迈进的起点, 构建更加包容、创新、可持续发展的工程实践生态, 并在工程实践中借助非完美性驱动人的本质力量发展。

## 参考文献

- [1] 李国英. 为以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业提供有力的水安全保障: 写在2024年“世界水日”和“中国水周”之际[N]. 人民日报, 2024-03-22(15).  
Li G Y. Provide strong water security guarantee for comprehensively promoting the construction of a powerful country and the great cause of national rejuvenation with Chinese path to modernization[N]. People's daily, 2024-03-22(15).
- [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] 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.
- [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. 实践理性视域下的人工智能非完美性探析[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] 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.
- [7] 杨建科, 王宏波. 论自然工程与社会工程的关系[J]. 自然辩证法研究, 2008, 24(1): 57-61.  
Yang J K, Wang H B. Relationship between natural engineering and social engineering[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2008, 24(1): 57-61.
- [8] 李伯聪. 工程社会学的开拓与兴起[J]. 山东科技大学学报(社会科学版), 2012, 14(1): 1-9.  
Li B C. The establishment and rise of engineering sociology[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Social Sciences), 2012, 14(1): 1-9.
- [9] 王宏波. “无中生有”之哲学的意义和思想启迪: 李伯聪先生所著《工程哲学引论: 我造物故我在》之价值[J]. 工程研究——跨学科视野

- 中的工程, 2022, 14(4): 276-285.
- Wang H B. The significance and thought enlightenment of the philosophy of "being is born of nothingness": The value of Li Bocong's *An Introduction to The Philosophy of Engineering: I Create, therefore I Am*[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2022, 14(4): 276-285.
- [10] 梁军, 高婧. 异化劳动理论下"工程活动共同体" 工作倦怠研究[J]. *自然辩证法研究*, 2023, 39(12): 69-75.
- Liang J, Gao J. Research on job burnout of "engineering activity community" from the perspective of alienated labor theory[J]. *Studies in Dialectics of Nature*, 2023, 39(12): 69-75.
- [11] 李伯聪. 关于工程师的几个问题: "工程共同体" 研究之二[J]. *自然辩证法通讯*, 2006, 28(2): 45-51, 111.
- Li B C. Some issues of engineers[J]. *Journal of Dialectics of Nature*, 2006, 28(2): 45-51, 111.
- [12] 徐匡迪. 工程师: 造福人类, 创造未来[J]. *高等工程教育研究*, 2017(5): 1-2.
- Xu K D. Engineers: Benefiting mankind and creating the future[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2017(5): 1-2.
- [13] 王大洲. 工程实践何以可能: 关于"我造物故我在" 的拓展性分析[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2022, 14(4): 286-294.
- Wang D Z. How engineering practice is possible: An extended analysis of "I create, therefore I Am"[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2022, 14(4): 286-294.
- [14] 王章豹, 黄驰, 李杨. 论工程的社会功能及作用机制[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2018, 10(3): 237-246.
- Wang Z B, Huang C, Li Y. On the social function and function mechanism of engineering[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2018, 10(3): 237-246.
- [15] 傅骏, 王泽忠, 张光明, 等. 中国古代铸造技术要素演化考察: 重读《中国铸造技术史(古代卷)》[J]. *铸造技术*, 2013, 34(12): 1729-1732.
- Fu J, Wang Z Z, Zhang G M, et al. Investigation of castings technology elements in ancient China based on engineering evolution theory [J]. *Foundry Technology*, 2013, 34(12): 1729-1732.
- [16] 吴海峰. 南水北调工程与中国的可持续发展[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2016(2): 50-57, 77.
- Wu H F. The south-to-north water diversion project and the sustainable development of China[J]. *Frontiers*, 2016(2): 50-57, 77.
- [17] 杨骏, 周培源. 工程时代需要新的工程传播观[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2020(17): 100-103.
- Yang J, Zhou P Y. The engineering era needs new concept of engineering communication[J]. *Frontiers*, 2020(17): 100-103.
- [18] 张长征, 黄德春, Upmanu Lall, 等. 基于自组织理论的重大水利工程建设的社会系统稳定性研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(11): 109-115.
- Zhang C Z, Huang D C, Lall U, et al. Research on society system stability of the large hydraulic project construction based on self-organization theory[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(11): 109-115.
- [19] 李伯聪. 工程社会学导论: 工程共同体研究[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2010.
- Li B C. Introduction to Engineering Sociology: Research on Engineering Communities[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2010.
- [20] 殷瑞钰, 李伯聪, 汪应洛, 等. 工程哲学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2022.
- Yin R Y, Li B C, Wang Y L, et al. Philosophy of Engineering[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2022.
- [21] 杨怀中, 王远旭. 工程活动的自然伦理诉求与工程师的自然伦理责任[J]. *自然辩证法研究*, 2017, 33(5): 123-127.
- Yang H Z, Wang Y X. Natural ethical appeal of engineering activities and natural ethical responsibility of engineer[J]. *Studies in Dialectics of Nature*, 2017, 33(5): 123-127.
- [22] 周丽均. 工程实践中主客体关系的存在论解读[J]. *上海大学学报(社会科学版)*, 2007, 24(6): 19-23.
- Zhou L Y. A new perspective of the engineering philosophy: The existential explanation of the relationship between subject and object in engineering practice[J]. *Journal of Shanghai University (Social Sciences Edition)*, 2007, 24(6): 19-23.
- [23] 杨晓华. 抬田工程技术在峡江水利枢纽库区的应用[J]. *中国农村水利水电*, 2015(8): 13-14, 19.
- Yang X H. Application of lifting field engineering technology in the Xiajiang water conservancy hub reservoir area[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2015(8): 13-14, 19.
- [24] 李永胜. 论工程生态观及其作用[J]. *哈尔滨工业大学学报(社会科学版)*, 2014, 16(4): 129-135.
- Li Y S. The engineering-ecology-view and its function[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2014, 16(4): 129-135.
- [25] 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.

- [26] 王大洲, 关士续. 技术哲学、技术实践与技术理性[J]. 哲学研究, 2004(11): 55-60.  
Wang D Z, Guan S X. Philosophy of technology, practice of technology and rationality of technology[J]. Philosophical Research, 2004 (11): 55-60.
- [27] 杜疆. 走向有意识的进化之路: 用机体认识论引导工程演化[C]//第十五届中国科协年会第23分会场: 转型与可持续发展研讨会论文集. 贵阳, 2013: 97-100.  
Du J. Toward an approach of volitional evolution: engineering evolution with the guidance of organism epistemology[C]//The 23rd Session of the 15th China Association for Science and Technology Annual Conference: Symposium on Transformation and Sustainable Development Papers Collection, Guiyang, 2013: 97-100.
- [28] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯全集(第42卷)[M]. 影印版. 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, 2016.  
The Complete Works of Marx and Engels (Volume 42)[M]. Beijing: People's Publishing House, 2016.
- [29] 马克思, 恩格斯. 马克思恩格斯全集(第1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.  
Complete Works of Marx and Engels (Volume 1) [M]. Beijing: People's Publishing House, 2009.

# Analysis of Imperfection in Water Conservancy Engineering from the Perspective of Engineering Sociology

Sun Tong<sup>1</sup>, Liang Jun<sup>1\*</sup>, Qiu Mingqing<sup>2</sup>

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

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

**Abstract:** Non perfection is one of the normal and characteristic features of water conservancy engineering practice. The imperfection of hydraulic engineering contains profound sociological significance in engineering. From the perspective of engineering sociology, analyzing the relationship between engineering activities and society can deepen our understanding of the interdependence and tension between hydraulic engineering systems and society, and provide new perspectives and ideas to promote the development of hydraulic engineering towards a more scientific, rational, and sustainable direction. This study mainly uses various methods such as literature review, case analysis, and field research, and comprehensively applies the theory of engineering sociology to deeply analyze the imperfection of water conservancy engineering. The research conditions include abundant case studies of water conservancy projects, a professional research team, and necessary research funding and equipment support. The research process first uses the basic method of literature review to extensively collect research results on the imperfection of water conservancy engineering at home and abroad, sort out their relevant theories and research status, and clarify the research questions. Subsequently, by deeply analyzing its imperfect performance in various aspects such as design, construction, and use, and collecting data through field research, interviews, and other methods, combined with specific cases of water conservancy engineering for analysis. At the same time, based on the actual situation of the case and the comprehensive application of engineering sociology theory, this paper summarizes the specific manifestations and essence of non-perfection in water conservancy engineering, and proposes the future development direction of non-perfection in water conservancy engineering from the perspective of engineering sociology. This study draws the following conclusions and main points: Water conservancy engineering plays a significant role in optimizing water resource allocation and improving the ecological environment, but its imperfection cannot be ignored. From the perspective of engineering sociology, water conservancy engineering has both social nature and function, and its construction and development are influenced by social factors, which also affect society. The imperfection of hydraulic engineering is mainly manifested in the gap between ideal and reality in engineering design, comprehensive coordination and partial compromise in engineering construction, and standardized operation and adaptability challenges in engineering use. The development of future water conservancy projects should face up to imperfection and form a new understanding of imperfection; Focusing on imperfection to promote innovative development of water conservancy engineering, and leveraging imperfection to drive the development of human essential power in the social practice of water conservancy engineering. The innovation of this study lies in the systematic analysis of the imperfect characteristics and causes of water conservancy engineering, as well as the socio-economic impact mechanism, from the interdisciplinary perspective of engineering sociology for the first time. In terms of policy implications, this article attempts to provide theoretical support and practical guidance for the government and relevant departments in formulating water conservancy engineering policies, planning, and implementation processes. In terms of academic exchange, this study enriches the research content in the fields of hydraulic engineering and engineering sociology by focusing on the practical issue of "imperfection", providing new research perspectives and exploration directions.

**Keywords:** engineering sociology; water conservancy engineering; imperfection; engineering practice; hydraulic engineering community