

李宇星. AIGC 技术在水利工程设计中的应用前景与挑战[J]. 水利水电技术(中英文), 2025, 56(S1): 577-581.

LI Yuxing. Prospects and challenges of AIGC technology in hydraulic engineering design[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2025, 56(S1): 577-581.

AIGC 技术在水利工程设计中的应用前景与挑战

李宇星

(上海市水利工程设计研究院有限公司, 上海 200030)

摘要: 人工智能生成内容(AIGC)技术, 结合人工智能与生成式计算, 通过机器学习、深度神经网络和生成式模型等方法, 从海量数据中提取要素, 生成复杂内容, 为各领域带来颠覆性变革。在水利工程设计领域, AIGC 技术展现出广阔前景, 如高精度流量预测、智能水资源管理、流域综合治理及全生命周期设计智能化等。然而, 其应用亦面临诸多挑战, 如工程项目独特性、算法适用性、数据质量参差不齐、基础设施不完善、人才培养滞后及信息安全问题等。为应对这些挑战, 需持续推动跨学科技术创新, 加强行业数据积累与分析, 培养引进专业人才, 构建高素质技术团队。期望通过这些努力, 充分发挥 AIGC 技术在水利工程设计智能化、精细化和可持续发展中的变革作用, 为水利工程未来发展注入新活力。

关键词: AIGC 技术; 水利工程; 数字化; 创新发展

DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2025.S1.088

中图分类号: TV214

文献标志码: A

文章编号: 1000-0860(2025)S1-0577-05

Prospects and challenges of AIGC technology in hydraulic engineering design

LI Yuxing

(Shanghai Water Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200030, China)

Abstract: Artificial Intelligence Generated Content (AIGC) technology, as an emerging field combining artificial intelligence with generative computation, is rapidly evolving through method such as machine learning, deep neural networks, and generative models. It extracts elements from massive datasets and generates complex content, bringing disruptive transformations to numerous sectors. In the domain of hydraulic engineering design, AIGC technology demonstrates extensive potential applications. These include high-precision river flow predictions based on Long Short-Term Memory (LSTM) neural networks, intelligent water resource management and integrated basin governance using machine learning algorithms, and enabling the entire lifecycle design of hydraulic projects through intelligent systems. However, the unique nature of engineering projects, algorithm applicability, data quality, infrastructure development, talent cultivation, and information security also pose significant challenges to the application of AIGC technology in hydraulic engineering design. Continuous interdisciplinary technological innovation, industry data accumulation, and professional talent development are crucial in addressing these challenges, facilitating the transformative role of AIGC technology in promoting intelligent, refined, and sustainable development in hydraulic engineering design.

Keywords: AIGC technology; hydraulic engineering; digitalization; innovative development

收稿日期: 2024-05-08

作者简介: 李宇星(1994—), 男, 工程师, 学士, 从事水工设计研究和 BIM 设计工作。E-mail: 136427217@qq.com

0 引言

人工智能生成内容 (Artificial Intelligence and Generative Content, AIGC) 技术作为一种将人工智能与生成式计算融合的新兴技术范畴,正在借助机器学习、深度神经网络和生成式模型等先进方法的快速发展,从海量、多源异构数据中挖掘内在规律并生成符合特定规则 and 需求的复杂内容。自起步于生成图像、音乐和文本等静态内容, AIGC 技术已能生成动态影像、自然语音和虚拟现实内容,展现出强大的内容生成能力。其学习与生成能力正在为艺术创作、设计创新、医疗健康、教育培训、商业金融等众多领域带来颠覆性的影响,展现出广阔的应用前景。在水利工程设计领域, AIGC 技术同样蕴藏着巨大的应用潜力。本研究旨在全面评估 AIGC 技术在水利工程设计行业中的应用前景,通过分析典型应用场景探索其在水资源管理、工程设计与建模、智能决策等环节的潜在价值,并对其面临的重大挑战及未来发展方向进行深入探讨,为 AIGC 技术在水利工程设计领域的创新应用提供理论参考。

1 AIGC 技术概述

1.1 AIGC 技术的定义和基本原理

AIGC 技术是一种基于人工智能和生成式计算的新兴技术,旨在通过机器学习、深度神经网络和生成式模型等方法,从大规模数据中学习模式,并生成符合规则和要求的结果。

AIGC 技术的基本原理是构建一个智能系统,该系统通过自主学习和模式识别,从输入数据中提取关键特征,并利用生成式模型生成新数据。这种技术能够模拟人类的思维和创造力,通过学习和生成过程不断改进其性能和适应性。它的目标是让机器能够像人一样有智能,能够看、听、说、想、做。

1.2 AIGC 技术的发展历程

AIGC 技术的发展源于对人工智能的研究,随着机器学习和生成式模型的进步, AIGC 技术获得了更多的关注和应用。最初的 AIGC 技术主要集中在生成图像、音乐和文本等领域,通过模拟和创造,生成具有艺术性和创新性的作品。近年来,随着深度学习和生成式对抗网络 (GAN) 的突破, AIGC 技术得到了进一步发展。如今, AIGC 技术不仅可以生成静态图像和音乐,还能生成动画、视频和自然语言的内容,具有更广泛的应用领域和潜力。AIGC (Artificial Intelligence Generated Content) 技术的发展历程经历了

多个重要的里程碑和突破,从最初的简单生成到多样化内容的扩展,从静态图像到动态视频的拓展。

根据国际标准化组织 ISO (International Organization for Standardization) 数字标准定义 SMART (Standards Machine Applicable, Readable and Transferable) 机器可开、可读和可交互标准,内容级别分为 L1、L2、L3、L4 和 L5。其中, L1 级为纸质文本,无法与机器进行交互; L2 级为开放的数字格式,机器交互性较低; L3 级为机器可读文档,但机器无法理解检索的结果和内容; L4 级为机器可读内容,可以进行语义交互,但机器无法理解上下文的逻辑关系; L5 级为机器可交互内容,能够实现自动识别和自动生成等智能属性。目前在产业领域,广泛应用 L3 级的信息化内容,同时正在发展 L4 级的数字化内容。而实现 L5 级智能化内容是工业 4.0 和智能制造的核心基础。因此,未来 AIGC 技术的发展方向是生成 L4 级以上的机器可读内容,特别是生成 L5 级智能化内容。

1.3 AIGC 技术在其他领域的应用情况

目前, AIGC 产业生态体系领域的雏形已现,如图 1 所示,呈现为上中下三层架构。

第一层,为上游基础层,也就是由预训练模型为基础搭建的 AIGC 技术基础设施层。

第二层,为中间层,即垂直化、场景化、个性化的模型和应用工具。预训练的大模型是基础设施,在此基础上可以快速抽取生成场景化、定制化、个性化的小模型,实现在不同行业、垂直领域、功能场景的工业流水线式部署,同时兼具按需使用、高效经济的优势。

第三层,为应用层,即面向 C 端用户的文字、图片、音视频等内容生成服务。在应用层,侧重满足用户的需求,将 AIGC 模型和用户的需求无缝衔接起来以实现产业落地。

AIGC 技术目前在众多学科领域都得到了广泛应用,并带来了革命性的影响。在艺术与创作领域, AIGC 技术已经显著展现出成果。它具备生成独特、创新艺术作品的的能力,为艺术家提供了新的创作灵感和风格。在设计与创新领域, AIGC 技术能够协助设计师快速生成多样性的设计方案,提升设计效率和创新性。举例来说,在建筑设计中, AIGC 技术能够生成不同风格和结构的建筑设计方案,为设计师提供更多可能性。在医学与生物科学领域, AIGC 技术广泛应用于医学诊断、药物研发和基因组学等方面。它通过学习大量医学数据,协助医生进行疾病诊断和制定

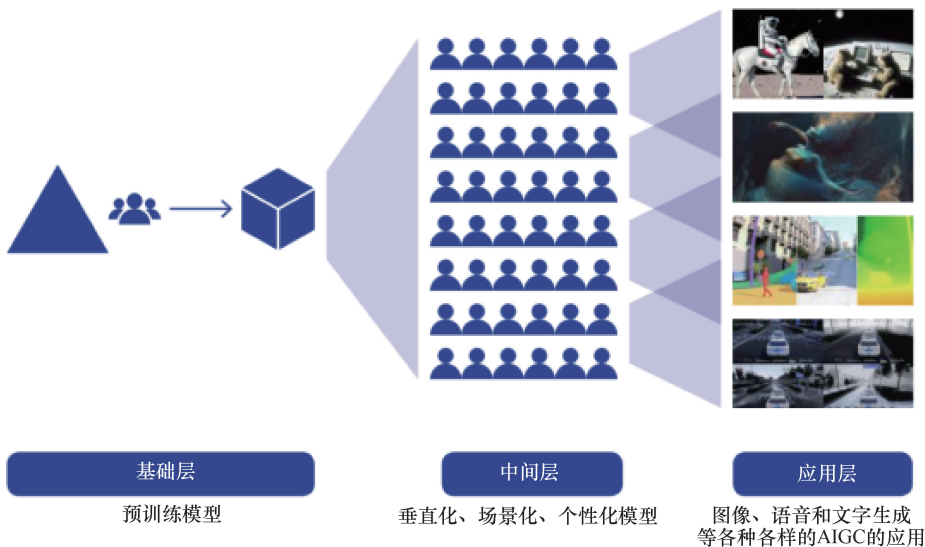


图1 AIGC 产业生态体系的三层架构

治疗方案。在教育与培训领域，AIGC 技术能够根据学生的学习情况和需求，生成个性化的教学内容和学习资源，提供定制化的学习体验和效果。

在商业与金融领域，AIGC 技术利用大数据分析和预测模型，协助企业进行市场分析、风险评估和决策支持，提高商业竞争力和效益。

综上所述，AIGC 技术凭借其强大的学习和生成能力，在多个领域展现出巨大的潜力和应用前景。随着技术的不断发展和创新，AIGC 技术将进一步改变人们的工作方式和生活方式。

2 AIGC 技术在水利设计中的研究与应用场景

2.1 基于 AIGC 技术的水文模拟与预测

目前，基于 AIGC 技术的水文模拟与预测软件日益成熟。其中，Google Research 的洪水预测团队开发了一种基于长短期记忆 (LSTM) 网络的人工智能模型，并利用 5 680 个测量仪进行训练。该模型能够在 7 d 内预测未测量流域的日径流。研究团队将该模型与全球领先的短期和长期洪水预测软件(全球洪水预警系统)进行了对比测试。结果显示，该模型在同日预测准确率方面与当前系统相当或更高。此外，在预测返回窗口期为 5 a 的极端天气事件时，该模型的预测准确性与预测返回窗口期为 1 a 的事件相当或更高。

该研究采用长短期记忆神经网络模型预测河流流量。该模型设计类似人脑，由编码器和解码器两部分组成。编码器从历史气象数据中提取信息，学习河流流量的变化趋势，并将其转化为解码器可用的形式，

为流量预测提供关键输入。编码器使用 LSTM 网络处理时序数据，能记住过去信息并根据当前输入更新内部状态，从而理解气象数据的时间模式并纳入模型。解码器利用编码器输出的信息，结合当前气象预报和过去天气对未来流量的影响，生成一周内的流量预测概率分布。解码器采用独立的 LSTM 网络进行预测。该模型使用三个独立训练的解码器，将它们的预测结果取中值，以减小预测方差，提高稳定性。

不过研究还存在一些局限性，如样本规模较小、数据集多样性不足及模型复杂度较高导致的计算成本增加等。

随着人工智能技术的发展，这些局限性将逐步得到解决，并且 AIGC 技术在水文模拟与预测方面的应用范围将进一步扩大。

2.2 AIGC 技术在智慧水利中的应用

在智慧水利领域，AIGC 的研究进展已经展现出其在水资源管理和水环境保护中的巨大潜力。AI 技术，尤其是机器学习和深度学习算法，在智慧水文、智慧灌区、智慧河湖、智慧水库等方面已经取得了重要进展。AIGC 在智慧水利中的应用如图 2 所示。

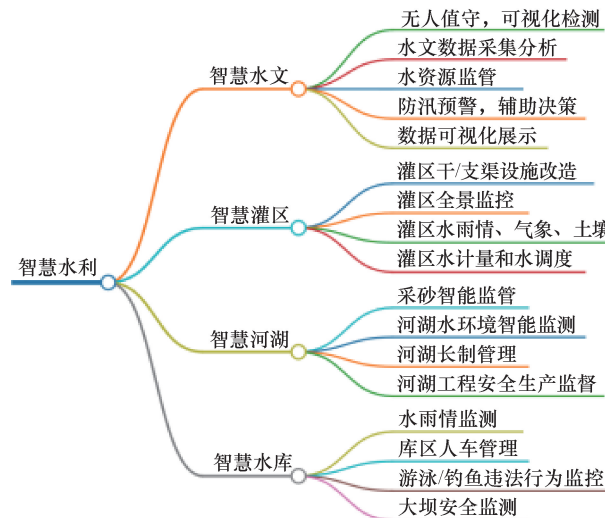


图2 AIGC 在智慧水利中的应用

2.2.1 智慧水文

在智慧水文领域，AIGC 技术被用来处理和分析从传感器网络收集的大量水文数据，如降雨量、水位和流速等。利用机器学习算法，这些数据被用于水资源监管和防汛预警，并将实时数据进行可视化展示。

此外, AIGC 智慧水文模型还可以辅助决策者在水资源分配和应急管理中做出更精准的决策。

2.2.2 智慧灌区

在智慧灌区的应用中, AIGC 技术优化了灌溉系统的水利用效率。通过对灌区的全景实施监控, 监测灌区水雨情、气象、土壤等数据, AI 系统可以实时分析土壤湿度、作物需水量及气象数据, 自动调整灌溉计划, 以确保作物获得适量的水分, 同时减少水资源的浪费。此外, 智能灌溉系统还可以通过预测未来的天气变化来调整灌溉策略, 从而适应不断变化的环境条件。

2.2.3 智慧河湖

在智慧河湖管理中, AIGC 技术用于监测和维护河湖健康。通过对采砂的智能监管, 河湖水环境的智能监测, 实时分析水质参数、生物多样性和环境数据, 智能系统能够识别污染源并预测其对生态系统的潜在影响。AI 模型还可以用于制定河湖保护计划和应急响应策略, 以应对污染事件和自然灾害。通过持续的监控和数据分析, 智慧河湖系统有助于保持水域生态平衡和可持续利用。

2.2.4 智慧水库

智慧水库利用 AIGC 技术进行水库的综合管理, 包括水量调控、水质管理和灾害预防。通过整合水库入流、蓄水量和下游需求的数据, 智能系统能够优化水库运营, 确保供水安全和效率。例如, AI 模型可以预测降雨和融雪导致的入流变化, 自动调整水库放水量以防洪水或确保下游的水需求。此外, 通过对大坝的持续监测和分析, 智慧水库系统能够及时监测大坝的安全并采取相应措施。

综上所述, 在智慧水利领域, AIGC 技术的应用已经在水资源管理和水环境保护方面取得了重要进展。机器学习和深度学习算法的应用为智慧水文、智慧灌区、智慧河湖和智慧水库等领域带来了创新的解决方案, 为水利系统的智能化和可持续发展提供了有力支持。

2.3 AIGC 技术在水利结构设计中的研究与应用场景

AIGC 技术在目前水利结构设计中的应用较少, 根据目前已有的研究及其他行业的模式参考, 提出了以下 5 种 AIGC 技术在水利结构设计中的研究及应用场景。

2.3.1 概念设计与创意生成

在水利结构的概念设计阶段, AIGC 技术可以充分发挥其生成性和创新性。在设计初期, 设计师可以

输入项目的基本要求、约束条件等, AI 系统就能基于海量的历史设计案例和知识库, 快速生成多种不同的概念方案并生成配套效果图, 便于前期汇报。这些初步方案不仅可以满足设计要求, 还可能给出一些全新的创意和构思, 为设计师提供灵感来源。而且, AI 系统可以根据设计师的反馈, 持续优化和迭代概念方案, 最终得到符合要求且创新型的设计初步方案。这种人机协作的创作模式, 可以极大提高初期设计的效率和质量。

2.3.2 模型参数优化与模拟分析

在具体的结构设计阶段, AI 技术可以辅助设计师构建模型并进行各种参数的计算、优化和模拟分析。通过机器学习算法处理历史数据, 以规范规则规律为制约因素, 结合模型库中的丰富资源, AI 可以建立高精度的数字模型, 模拟不同设计参数、不同工况下对结构强度、稳定性等的影响。设计师只需输入初步参数, AI 就能快速计算并给出满足各种工况和极限条件的最优化方案。例如, 在设计挡水建筑物时, AI 可以模拟不同水位组合、不同尺寸等对应力和变形的影响, 并结合水压、温度荷载等因素, 给出最佳的参数组合。这种智能优化不仅能确保结构安全可靠, 还可以节省材料和建造成本。人工智能水利结构信息模型生成流程如图 3 所示。

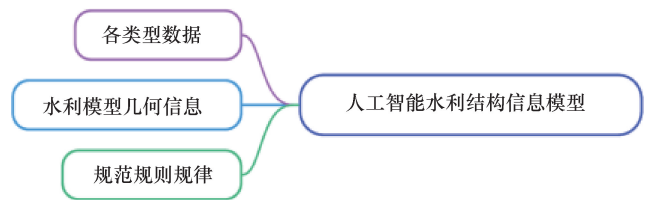


图 3 人工智能水利结构信息模型生成流程

2.3.3 基于专业模块化智能设计出图

专业模块化智能设计出图以 BIM 建模为基础, 以专业设计为主线, 包括专业指标设计、BIM 模块化组装、智能调参优化更新、专业工具开发及出图等一系列过程。最终集成完成专业所需的设计内容。该方法的特点是结合模型库中的丰富资源, 各专业基于模型库的数据与 AIGC 的配合快速组装符合标准规范要求的设计产品。专业工具开发采用知识工程技术方法, 实现了挡水建筑物、金属结构设计、电气、绿化、道路设计等专业特色的流程化快速设计。标准化的辅助工具和模块使得设计师能够通过编程手段解决影响专业设计效率的问题, 并提高设计成果的重复利用率。

2.3.4 自动生成设计文档

设计报告的编写工作通常是非常繁重的。为了减

轻设计师的负担,可以使用一些软件工具,如市面上爆火的 ChatGPT 等,来进行初步的报告编写工作。这些软件基于设计院多年的知识积累,水利及相关行业的知识库、规范和标准等数据。它们能够提供对水利、水工、规划、咨询、水文、给排水、电气、金属结构、水机、造价等专业问题的咨询。通过机器学习算法处理历史数据,并结合文件库中各类丰富资源,这些软件能够自动生成设计计算书、初步设计报告等技术文件的初稿,根据设计参数和标准规范自动进行处理。

人工智能不仅能够快速准确地进行各种复杂计算,还能按照统一的格式自动编排文本和图像,从而极大地减轻了设计师在文书工作方面的负担。同时, AI 还可以根据用户的特定需求生成个性化的 PPT,以满足不同角色(如业主、评审专家、外部监管机构等)对报告的汇报需求。这些 AI 工具的使用为设计报告的编写提供了高效、准确和个性化的解决方案。

2.3.5 虚拟现实辅助设计

目前虚拟现实技术已日渐成熟,未来将 AIGC 技术与虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术相结合,则能为设计师提供身临其境的沉浸式体验。在虚拟环境中,设计师可以直观查看和调整水利结构的外形、尺寸、颜色等设计方案,并根据真实环境对应的水文、地质等数据,模拟结构在不同工况下的响应。VR/AR 技术让设计师不受实际环境的限制,在虚拟空间中无限延展想象力,进行各种大胆尝试。与此同时, AI 系统会对设计师的调整给出及时反馈和优化建议,使设计过程更加高效和人性化。

3 挑战与问题

3.1 数据局限性的影响

工程项目的独特性决定了通用模型的局限性。由于行业内数据共享有限,大型公开数据库匮乏,因此生成式人工智能模型的训练数据量不足且结构化程度较低,导致生成结果与实际存在偏差。在工程设计场景中,数据的质量和多样性对于训练有效的 AI 模型至关重要。因此,解决数据局限性是提高生成式人工智能算法的应用性的关键之一。

3.2 适用性的提升

生成式人工智能算法在工程设计场景中需要提高

适用性。工程设计涉及到许多物理规则和约束,仅依靠单纯的数据驱动人工智能设计方法可能无法充分考虑这些规则和约束。因此,在生成式人工智能模型中引入结构受力、材料消耗等约束,或者寻求性能优异的新算法,是提高适用性的关键。

3.3 数字化与智能化水利工程的瓶颈

数字化与智能化水利工程的发展面临着多重瓶颈。这些瓶颈包括信息化基础设施建设不足、信息孤岛和数据共享障碍、人才短缺和技术壁垒、信息安全风险以及人工智能因果推断能力的局限性。这些问题限制了数字化与智能化水利工程的进一步发展和应用。

总的来说,克服数据局限性、提高生成式人工智能算法的适用性,以及解决数字化与智能化水利工程面临的瓶颈问题,是推动智能化水利工程发展的关键挑战。通过合作共享数据、混合智能算法和加强人才培养和技术研发,可以推动水利工程领域的数字化和智能化转型。

4 结语

综上所述, AIGC 技术正在经历高速发展阶段,已在多个领域展现出革命性影响,并在水利工程领域呈现出广阔的应用前景。相较于传统方法, AIGC 技术为水利工程全生命周期提供了智能化增强,有望显著提高设计、建模、分析和管理的效率与质量。然而, AIGC 技术在水利工程领域的应用也面临诸多挑战,亟需持续的技术创新、跨学科协作以及长期的数据积累与人才培养。只有充分认识到 AIGC 技术的发展现状及其在水利工程中的应用潜力,审慎评估现实条件下的挑战与局限,并采取有效的战略措施积极应对,才能真正释放 AIGC 技术的变革力量,推动水利工程向智能化、精细化和可持续发展的方向迈进。政府、科研机构、企业和社会各界应加强合作,营造良好的政策环境,完善基础设施建设,加大人才培养力度,为 AIGC 技术在水利工程领域的应用与创新奠定坚实基础。

(责任编辑 王璐)