

大语言模型在水利工程运行及管理中的探索

阿依加玛丽·吾甫尔

新疆塔里木河流域管理局开都孔雀河水利管理中心，新疆库尔勒市，841000；

摘要：大语言模型具有强大的语言理解和生成能力，能够处理各种复杂的自然语言任务；生成式预训练则是训练大语言模型的关键技术，通过在大规模无标注数据上进行预训练，模型可以学习到通用的语言知识和语义表示。目前，大语言模型和生成式预训练已经在智能客服、机器翻译、文本生成等领域取得了显著的成果。为提升水利工程运行管理的智能化、精准化水平，探索大语言模型和生成式预训练在水利工程运行管理中的应用，将长期、多年的工程文件整合，建设工程知识数据储备库，实现水利工程运行和管理 AI 知识问答“简洁易用”的目标，使工程翻阅、查找、提取、更方便和精准，提供更加智能、便捷、优质的智能化服务，助力提质增效，推动互联网、大数据、人工智能同水利行业实践深度融合。

关键词：大语言模型；水利行业中的应用；实现功能途径；简洁易用；提质增效

DOI: 10.69979/3060-8767.25.06.043

传统的互联网、通信解决了信息不对称的问题，而大语言模型的出现，解决了个体之间智力、智商的问题。简单讲就是构建人类思维的逻辑，扮演某种角色，具备人类的一般推理功能，经参数分析、信息检索实现自己的模型，达到回答和解决问题的能力，是对人类认知过程进行重构、复现的功能。

目前，是全世界科技及信息行业主流的研究对象，并在多个领域都有应用，比如说教育、医疗、企业管理等方面，实现了节省时间、精力、过程，提高效能，对整个社会发展有深远的影响，是国家战略发展的重要方向。

1 大语言模型的定义

(Large Language Model)，指参数非常大，具备对结构化和非结构的文本进行调测的能力，可以进行自然语言处理和文字的预测，具有超级的运算和推理能力，可以支持对话、写作、翻译、编程等跨领域任务的模型。

2 我国大语言模型发展和应用的基本情况

根据全球经济发展速度放缓，新质生产力、智能化、大数据等高科技产业成为目前及未来的发展方向，我国在“十四五”规划把 AI 列为前沿领域，2023 年出台《生成式人工智能服务管理暂行办法》，鼓励创新与规范发展并重，已将大模型确立为今后一个时期的战略发展方向。国家大力支持人工智能算法、在北京、深圳等城市人工智能行业已成新兴行业，阿里、百度、华为等诸

多企业开发设计推出多种智能化软件应用于消费、制造、金融、医疗、法律及公共服务等各行各业，为行业提供便简便利，减少时间和成本，很大程度减轻了运营成本，达到提质增效的目的。截至 2024 年第二季度，我国投入大模型研发与应用的企业数量已超过 200 家（据工信部赛迪研究院《中国大模型发展图谱》统计），涵盖互联网巨头、科研机构、初创公司及行业垂直企业。大语言模型凭借丰富的场景资源和政策红利，正快速的推动千行百业智能化转型，不断突破与创新，技术不断追赶，取得了骄人成绩。

3 大语言模型在水利行业中的应用情况

大语言模型在水利行业已经有较为广泛的应用，并表现出较好的效果。比如：在辅助办公方面，能够实现文档输出及报告生成，数据识别及查询统计功能；实现洪水预报分析及防汛决策支持的功能；在工程和水资源管理方面，实现工程信息查询、支撑水资源调度等业务场景等，为水利行业提供决策支持和智能化服务。但同时，大语言模型也面临一些挑战，包括“数据荒”，全方面及长续列的数据不充足，水文、水质、工程各领域的数据支撑不足，无法串联加密分析，从而高质量训练数据不足，为此需解决数据清洗与标准化，增加数据多样性、广泛性问题尤为关键；其次是“融合难”，跨学科融合技术尚不成熟，实际发生存在很多不确定性，纯数据驱动模型与现实存大很大偏差等问题突出。

4 在水利行业中应用有何意义

大语言模型的应用为水利行业带来了新的技术和方法，促进了水利行业与人工智能、大数据等新兴技术的深度融合，将水利行业的专业知识、经验和数据进行整合和沉淀，形成知识库和知识图谱，实现知识的共享和传承，方便水利工作人员学习和借鉴，提高整个行业的知识水平和技术能力，推动了水利行业的创新发展，从而进一步解决水利行业的复杂问题提供了新的思路和途径。

5 在水利行业中作用

水利行业相对于其他行业信息化、智能化应用程度还是比较低的，特别偏远的水利部门由于地方的发展水平及成本投入的限制都制约其在行业的探索和发展，导致技术人员及行业长效化发展水平低，真对这些问题可以引入大语言模型及相关的技术，提高水利技术人员的能力，同时对未建立高价值隐性和显性知识进行分类、收集、制档，提高知识资产的全过程管理和利用和

后续发展，发挥精细化管理和资源共享资源的作用。

根据业务需要，通过检索、对话、提问等方式，对水文、水源水质、工程及水资源和其他相关的行业参数进行分析和快速处理，可随时获取精准答案，为决策提供及时、准确的信息支持，提升业务智能化水平，实现智能问答、智能预案、智能推演等，告别“翻文件、查数据”的传统模式。

可以进一步引入数字孪生、Ai 等高端前沿技术，结合水资源调度、防洪预警、水旱灾害等具体管理工作中预判、推断前瞻推演生成动态预案，优化水资源的合理配置提供科学依据；

在工程中为工程管理和技术人员提供知识解答和解决方案建议，整合工程数据，生成可视化报告，预测工程进度，察觉潜在风险，还能对洪水演进过程等进行高精度模拟仿真，帮助业务人员快速找到最优解，提高防汛决策的科学性和时效性。

6 主要模块及功能

系统功能模块	目标任务	功能	设计	运维组件
知识问答	语音语言类	用对话、知识问答的方式，快捷、准确的答疑解惑，并自然流畅的交流互动，实现该工程运行和管理 AI 知识问答便捷、智能服务的目标。	设计研发交界面、本地部署大模型、向量数据库和知识图谱、搭建水利工程知识库、并导入知识、实现知识问答和 AIGC。	知识库、模型配置、系统管理。
知识图谱	文字类信息	收集的文字信息，形成文本报告，会议记录		
报告助手	设计图纸	通过收集储存的各类工程图、设计图纸、工程照片、施工图片等，形成可调阅、参考及合成新图纸功能。		
PPT 助手	视频查阅	根据已提供视频，通过时间、方位、内容等信息检索，提供观看、查阅、展视的功能		

6.1 主要内容

知识问答：通过大模型检索增强生成技术（RAG）实现在线智能知识问答 设施设备基本情况、功能、维修及改造全过程档案、操纵员培训、经验反馈、制度、设备知识等，智能检索及回答。

知识图谱：通过图检索等技术，实现经验反馈事件、设备 BOM 层级及二者关联的三元组展示和查询；经验反馈事件、设备管理（SAP 的 BOM 基础数据、QDR/DER、点巡检等），支持行业程序体系框架和结构化、HR 系统人员信息等。达到具备良好和丰富的三元组数据处理和图表展示（例如多级本体及关系的展开和折叠、

设备 BOM 等）、灵活的页面布局性能，支持数据离线导入和接口导入，高效部署配置。具有图探索、事件时序展示分析、支持长文本及多媒体知识本体附件。具有良好的二次开发扩展性和大模型融合能力。简单讲就是可以做到知识储存、图计算、知识融合、知识可视化及知识推理的目的。

文档 AI 助手：实现内外部相关专业知识查询、文档摘要、续写、翻译等功能，可导出兼容 WPS。

PPT 助手：预置适合水利工程特点的主题，用户可定制、上传、套用企业 PPT 母版，可导出兼容 WPS。

知识库：知识导入方式包括但不限于：手动单件

或多件上传、批量上传（如支持局域网可访问目录下的文件整体上传）等，支持 API（建设单位提供）知识导入。

模型配置：提供大模型插拔式配置接口。适用 3 个以上国产开源大模型（参数量不少于 60 亿）。基于大模型项目训练数据的自然语言语义文字交互平均反应时间 ≤ 5 秒。

系统管理：研究研发智能问答系统的管理系统。设置系统管理员等角色和权限。其中知识上传设置申请人（上传人）、审核人（科组长）、批准人（各部门知识管理协调员）。

6.2 实现基本的方法与过程

搜集资料和数据形成数据源库、数据库。

对数据进行筛选，去除低质量、不相关、重复或包含错误信息的文本。

数据清洗：对筛选后的文本进行清洗和预处理，包括修正拼写错误、统一字符编码、去除特殊符号等。还需要进行文本规范化。

分词：将文本分割成一个个独立的词语或子词（subword）单元，这是大语言模型处理文本的基本单位。可以使用基于规则的分词方法，也可以使用基于机器学习的分词模型，如字节对编码（Byte-Pair Encoding, BPE）、WordPiece 等。

构建词表：根据分词后的结果，构建一个词表，记录所有出现过的词语或子词，并为每个词分配一个唯一的索引。词表的大小会影响模型的训练和推理效率，需要根据实际情况进行调整。

数据增强：为了增加数据的多样性和丰富度，可以采用一些数据增强技术，如随机替换、随机删除、随机插入等。例如，随机替换一些词语，或者随机删除一些句子中的部分词语，然后让模型根据上下文进行预测和恢复。

6.3 模型架构选择

①Transformer 架构：目前大多数大语言模型都采用了 Transformer 架构，它具有良好的并行计算能力和长序列处理能力，能够有效地捕捉文本中的语义信息和上下文关系。

②Transformer 架构由多个编码器和解码器层组

成，每个层包含多头注意力机制（Multi-Head Attention）和前馈神经网络（Feed-Forward Neural Network）。

③模型规模：根据计算资源和任务需求选择合适的模型规模，包括模型的层数、神经元数量、头数等参数。一般来说，模型规模越大，性能越好，但也需要更多的计算资源和时间进行训练。

6.4 预训练过程

①目标函数设置：常见的预训练目标函数有语言模型（Language Modeling）和掩码语言模型（Masked Language Modeling）。语言模型的目标是根据给定的上文预测下一个词语，掩码语言模型则是随机掩盖一些词语，让模型根据上下文预测被掩盖的词语。此外，还可以结合其他的预训练任务，如句子排序、文本生成、问答等，以提高模型的泛化能力。

②优化算法选择：使用随机梯度下降（Stochastic Gradient Descent）及其变体，如 Adagrad、Adadelta、RMSProp、Adam 等优化算法，来更新模型的参数。选择合适的学习率、学习率衰减策略、批量大小等超参数，以提高训练效率和模型性能。

③分布式训练：由于大语言模型的训练需要大量的计算资源，可以采用分布式训练的方式，将数据和模型并行地分布到多个计算节点上进行训练。常用的分布式训练框架有 PyTorch Distributed、TensorFlow Distributed 等。

④训练监控和调优：在训练过程中，密切监控模型的训练损失、准确率、困惑度等指标的变化，以及计算资源的使用情况。根据监控结果，及时调整超参数、优化模型架构或数据预处理方法，以提高训练效果。

6.5 模型评估和微调

①评估指标：使用合适的评估指标来评估模型的性能，如准确率、召回率、F1 值、BLEU（Bilingual Evaluation Understudy）等。对于不同的任务，选择相应的评估指标进行评估。

②微调：在预训练的基础上，针对特定的下游任务，如文本分类、情感分析、机器翻译等，使用少量的标注数据对模型进行微调。微调可以进一步提高模型在特定任务上的性能，减少过拟合的风险。

6.6 部署和优化

①部署环境搭建：将训练好的模型部署到生产环境中，需要搭建相应的服务器和运行环境。可以选择使用云计算平台，如 AWS、Azure、Google Cloud 等，也可以在本地搭建服务器。

②推理优化：在模型推理过程中，为了提高响应速度和吞吐量，可以采用模型压缩、量化、剪枝等技术，减少模型的存储空间和计算量。同时，优化模型的输入输出处理，提高数据的传输效率。

7 预期成效

通过对国产大语言模型进行分析，完成其迁移、适配、协同和增强关键技术研究，研制水利工程运行管理大模型平台，可实现任意给定的国产化大语言模型从通用领域大模型到水利工程领域大模型的高效迁移和应用，并通过 GPT/知识图谱图文表交互（Think-on-Graph（ToG））、多模态复杂图表知识表示、多源异构设备数据融合、AIGC 等个性化等效果增强，反映水利行业基本情况、实际培训、经验反馈、设备管理、制度管理等运行管理真实场景的系统。对尚未建立高价值隐性和显性知识分类、识别、收集、确认、分享和应用的全过程管理。

8 结语

在目前科技创新引领全行业走向以智能化高科技手段深化管理、提质增效的大环境中，水利行业特别是水利工程及运行管理过程中应从传统的经验管理向智能化管理转变，大语言模型作为智能中枢，在风险预警与防控、资源优化合理控制、知识积淀与共享中发挥核心作用，也是水利相关行业数据整合、专业技术提升、安全防预机制加强的重要突破点，是未来水利行业发展的主要方向。

参考文献

- [1] 杨阳蕊,董方宁,王鹏斐,等. 基于大语言模型的水利工程运行管理质量概念模型及知识图谱自动化构建[J/OL]. 水利学报,1-12[2025-06-11].<https://doi.org/10.13243/j.cnki.slxb.20250027>.
- [2] 胡昊,许昭一,崔争艳,等. 基于大语言模型的抽水蓄能电站智能运维辅助系统构建研究[J/OL]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),1-10[2025-06-11].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1432.TV.20250506.0919.002.html>.