

# 基于 AI 的港口工程分包结算审计优化方法 构建及验证

郭俊, 任立鹏, 李鹏程  
(中交天津航道局有限公司, 天津 300461)

**摘要:** 针对港口建设工程分包结算智能审计数据解析不准、大模型“幻觉”频发、审计规则动态适配不精 3 大核心问题, 以生成式人工智能(Generative Artificial Intelligence)为支撑, 通过通用知识库与多专业智能体融合提升数据解析精度, 以“三重约束”机制抑制大模型“幻觉”, 依托动态规则库与多智能体协同实现规则适配, 构建 3 层协同架构智能审计平台。以某港口扩建项目为验证对象, 该项目含 16 份分包合同、1 200 余份非结构化结算凭证。验证结果显示: 数据解析准确率 99.2%、大模型“幻觉”发生率 0.04%、规则适配准确率 99.7%, 满足港口工程分包结算智能审计实际需求; 与同规模项目传统审计需 5 d 相比, 智能审计仅 1 d 即可完成, 效率提升 80%。结论表明, 本研究提出的方法精准破解了上述核心难题, 推动审计模式从“人工审计”向“智能审计”深度转型, 为港口工程及同类工程领域智能审计提供可复用、可落地的实践方案与理论参考。

**关键词:** 港口建设工程; 分包结算审计; 知识库; 大模型

中图分类号: U6; U65; TP18; F239.6 文献标志码: A 文章编号: 2095-7874(2026)02-0014-06  
doi: 10.7640/zggwjs202602003

## Construction and verification of AI-based optimization methods for subcontract settlement audit in port engineering

GUO Jun, REN Li-peng, LI Peng-cheng  
(CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** Aiming at the three core problems in the intelligent audit of subcontract settlement for port construction projects, namely inaccurate data parsing, frequent large model "hallucinations", and imprecise dynamic adaptation of audit rules, this paper takes Generative Artificial Intelligence (GAI) as the support. It improves data parsing accuracy through the integration of a general knowledge base and multi-professional agents, suppresses large model "hallucinations" with a "triple constraint" mechanism, realizes rule adaptation relying on the collaboration between a dynamic rule base and multi-agents, and constructs an intelligent audit platform with a three-layer collaborative architecture. Taking a port expansion project as the verification object, the project includes 16 subcontract contracts and more than 1 200 unstructured settlement vouchers. The verification results show that the data parsing accuracy rate is 99.2%, the large model "hallucination" occurrence rate is 0.04%, and the rule adaptation accuracy rate is 99.7%, which fully meets the practical requirements for intelligent subcontract settlement audit in port projects. Compared with the 5 days required for traditional audit of projects of the same scale, the intelligent audit can be completed in only 1 day, with an efficiency improvement of 80%. The conclusion indicates that this method accurately solves the core problems, promotes the in-depth transformation of the audit model from "manual audit" to "intelligent audit", and provides a reusable and implementable practical plan and theoretical reference for the intelligent audit in port engineering and similar engineering fields.

**Key words:** port construction engineering; subcontract settlement audit; knowledge base; large model

## 0 引言

分包结算审计作为建筑工程全生命周期管控的核心环节<sup>[1]</sup>,不仅直接决定项目成本精细化管控成效,更深刻影响合同履行合规性、参建方利益平衡及企业整体经营效益,是防范工程领域资金风险、保障项目高质量落地的“关键防线”。这一环节在港口工程中表现得尤为复杂和关键。港口工程通常包含大量水下作业、复杂地基处理、大型临时结构施工等,施工环境复杂、技术难度大、受自然条件影响显著,导致其分包结算审计工作面临诸多特殊挑战,以人工为主的传统审计模式逐渐暴露出难以调和的矛盾。行业统计数据显示,传统分包结算审计中约60%的工作量集中于重复性数据核对、凭证校验等机械性任务,不仅占用大量人力资源,人工审核误差率更高达8%~12%,易引发结算争议<sup>[2]</sup>;同时,依赖事后复盘的审计逻辑难以实时捕捉合同履行偏差、工程变更异常等潜在风险,进一步削弱了审计的前置防控价值。

随着人工智能技术的发展,以OpenAI GPT、文心一言、DeepSeek等为代表的通用大模型<sup>[3]</sup>,凭借强大的语义理解与逻辑推理能力掀起智能化浪潮,但受限于数据解析不准确、大模型“幻觉”频发、审计规则动态嵌入适配不精准等问题,其在建筑工程这类专业性强、数据敏感度高的场景中适配性不足。

鉴于此,本文立足当前分包结算审计实践痛点,在现有审计平台基础上集成AI能力,以中交集团自主研发的交通基建行业垂域“蓝翼”大模型<sup>[4]</sup>为技术支撑,结合自有审计数据资源,搭配通用知识库与 workflows,协同多个专业智能体,实现分包结算审计的智能化升级,以破解传统分包结算审计效率低、精度差等难题,为港口工程分包结算审计智能化转型提供可落地的实践路径与理论参考。

## 1 核心技术难题破解与智能审计平台搭建

### 1.1 搭建智能审计平台面临的核心技术难题

智能审计平台的应用成效主要取决于3大核心要素,即数据解析的精准度、模型对审计规则的理解能力以及审计规则的动态精准适配能力。三者相互关联、层层支撑:数据解析精准度是审计工作的“基础前提”,若关键信息提取失真,后续规则校验与风险识别将失去可靠依据;模型对审计规则的理解能力是“核心纽带”,直接决定AI

能否精准执行专业审计逻辑;审计规则的动态适配能力是“时效保障”,确保平台能响应法规更新与项目差异,三者共同构成智能审计平台落地的关键技术屏障。

#### 1) 非结构化数据解析精度有待提高

在港口工程分包结算审计工作中,审计原文档呈现显著的非结构化多源异构特征,其格式复杂多样,涵盖扫描文件、手写单据、影像资料、工程计算书等多种类型,且未形成统一格式标准。传统光学字符识别(Optical Character Recognition)技术仅能实现基础性的文字提取,对文档拓扑结构、语义关联的解析能力不足,导致数据提取后仍需要大量人工介入开展格式校验、信息补全与逻辑关联工作,不仅耗时费力,还易因人为操作引入额外误差,严重制约审计数据解析的效率与精度。

#### 2) 大模型“幻觉”问题需要有效抑制

在港口工程分包结算审计智能化进程中,通用大模型产生的“幻觉”问题<sup>[5]</sup>已成为影响审计结果可靠性的关键障碍。表现为3大核心痛点:①模型易脱离审计实际逻辑,虚构不存在的“实体-关系”关联,导致分析出现偏差;②对关键审计节点的判断缺乏刚性约束,如误将无甲方签字的变更签证纳入结算范围,违背审计规则;③输出结果常与分包结算审计的专业规范脱节,仅凭其固有知识生成内容,难以匹配实际业务场景的复杂需求,不仅增加人工复核成本,还可能引发审计风险。

#### 3) 审计规则动态嵌入与精准适配性需要优化

在分包结算审计智能化平台里,审计规则的动态嵌入与精准适配是影响系统效能的核心要素。存在以下3个痛点:①规则存储形式固化,非结构化的政策法规、企业制度难以借助技术手段迅速转化为可执行逻辑,使得新规则落地迟缓;②规则关联技术匮乏,未通过知识建模构建“政策-制度-项目”的联动关系,容易因技术适配不足而出现规则调用错位;③执行闭环技术薄弱,规则更新与智能体协同缺乏技术衔接,且没有自动化校验机制,可能会因技术层面的规则偏差引发审计失误。

### 1.2 核心技术难题解决方案

1) 通用知识库+多专业智能体提升非结构数据的解析精准度

针对非结构化数据解析精度低，本文构建了“通用知识库+多专业智能体”的一体化解决方案，通用知识库与多专业智能体联动机制如图 1 所示。

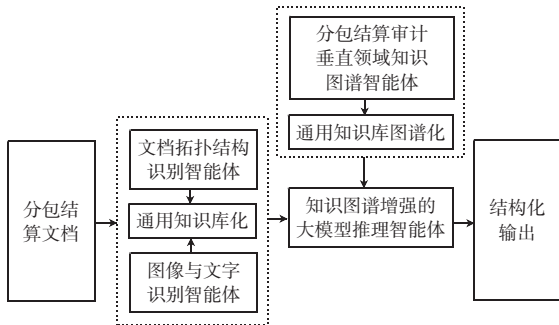


图 1 通用知识库与多专业智能体联动机制

Fig. 1 The linkage mechanism between enhanced knowledge base and multi-professional agent

该方案以知识的通用图谱化与知识库化为基础，与 4 个专业智能体形成协同工作机制：文档拓扑结构识别智能体负责解析文档版式逻辑，图像和文字识别智能体专攻视觉信息提取，分包结算审计垂直领域知识图谱提供专业领域支撑，知识图谱增强的大模型推理智能体则承担综合分析

与决策任务。增强知识库与多专业智能体通过“数据互通-能力互补-决策协同”的联动机制，形成从数据输入到精准解析的全流程闭环。该机制通过知识与技术的深度融合，实现了非结构化数据解析的智能化升级，为突破分包结算审计的数据解析瓶颈提供了关键技术支撑。

2) “三重约束”抑制大模型“幻觉”

针对大模型“幻觉”问题，本文构建了“三重约束”一体化解决方案。该方案以强化模型专业性为核心目标，整合 3 类关键约束机制形成协同体系：知识图谱约束通过将港口工程分包结算审计逻辑转化为结构化的“实体-关系”表达，明确模型推理边界，避免无依据的虚构关联；规则引擎约束在审计关键节点设置刚性校验标准，如变更签证签字审核、结算金额合规性校验等，强制规范模型输出符合审计规则；专家反馈微调约束则邀请审计业务专家对模型输出结果进行专业标注，通过强化学习不断优化模型的判断逻辑，使其贴合实际业务需求。3 类约束机制相互配合，从推理边界、规则执行、专业适配 3 个维度形成闭环管控。“三重约束”工作机制如图 2 所示。

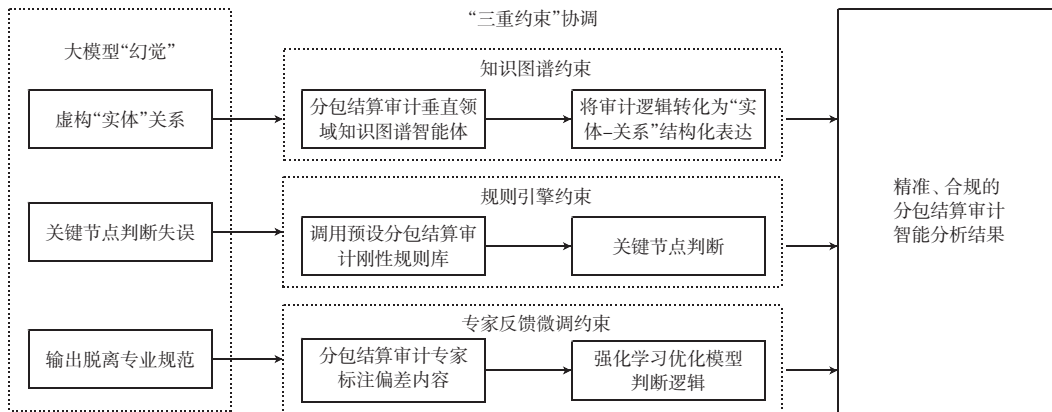


图 2 “三重约束”工作机制

Fig. 2 The "triple constraint" working mechanism

该“三重约束”工作机制的核心价值在于通过结构化约束与动态优化相结合，有效遏制通用大模型的“幻觉”生成，显著提升分包结算审计输出结果的准确性与专业性。

3) workflow编排联合多智能体提升审计规则动态适配性

针对审计规则动态嵌入与精准适配问题，通过知识库化技术搭建分级分类的动态规则库，将非结构化规则转化为“条件-动作”标准化校验单

元，同时依靠知识图谱化技术建模规则关联关系，如政策更新会触发企业制度适配调整；联动规则解析智能体、规则匹配智能体、规则执行智能体这 3 大智能体实现技术协同与互补，规则解析智能体融合自然语言处理(Natural Language Processing)与规则引擎技术，将新增规则拆解为可执行逻辑，规则匹配智能体通过知识图谱推理技术结合项目特征筛选适配规则并排序，规则执行智能体采用数据联动技术，把规则与非结构化数据解析

结果进行校验, workflows与多智能体协同机制如图3所示。

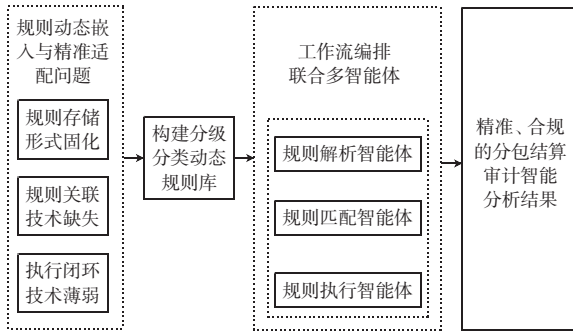


图3 workflows与多智能体协同机制

Fig. 3 Workflow and multi-agent collaboration mechanism

该技术实现了审计规则从静态固化到动态适配的突破, 既通过规则转化、关联建模技术解决了规则转化慢、关联弱的问题, 又凭借多智能体协同校验规避了执行偏差, 显著提高了规则应用的精准度与时效性。

### 1.3 审计智能平台的搭建

针对传统港口工程分包结算审计痛点, 在已解决数据解析不准确、大模型“幻觉”频发、审计规则动态适配性弱3大核心问题的基础上, 结合“蓝翼”大模型技术特性与港口建设工程分包结算审计需求, 构建“三层协同”架构的分包结算审计智能平台, 实现数据、模型、场景的深度融合, 平台架构如图4所示。

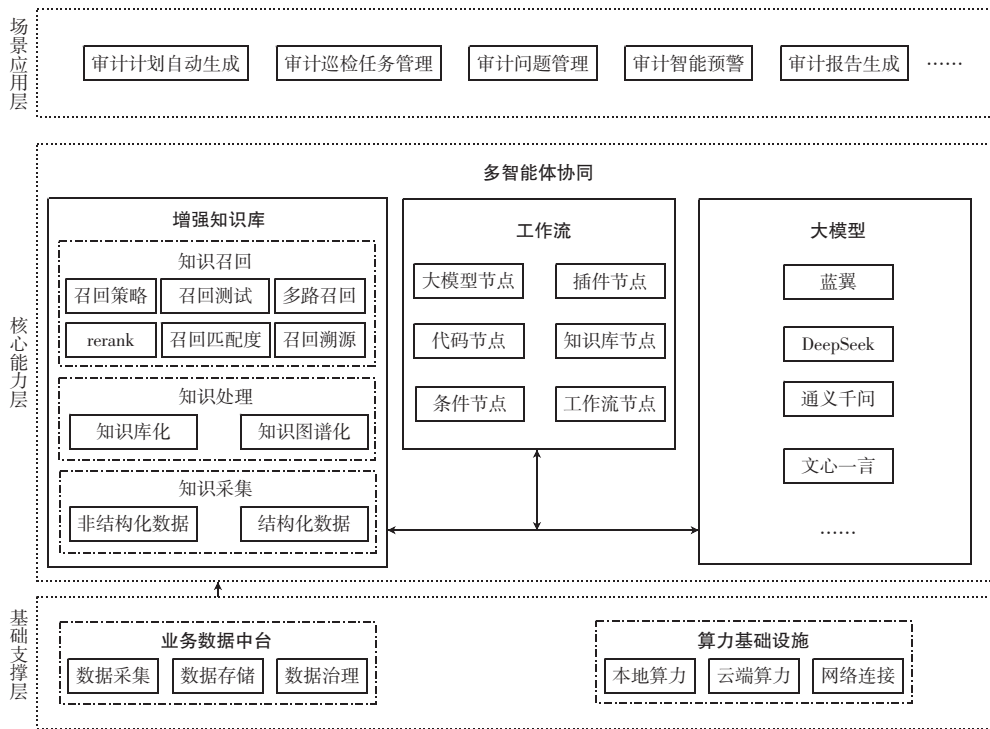


图4 项目分包结算审计智能化平台架构

Fig. 4 Intelligent platform architecture for project subcontracting settlement audit

#### 1) 基础支撑层构建“数据-算力”双保障体系

基础支撑层作为模型高效运行的核心技术底座<sup>[6]</sup>, 聚焦解决港口工程分包结算数据获取低效、治理不规范、存储分散的核心痛点, 其架构由业务数据中台与算力基础设施2大核心模块构成。其中, 业务数据中台针对分包结算审计智能化平台数据分布于集团分包管理系统、项目施工管理系统、财务云系统等多套建系统的碎片化问题, 通过构建一体化数据集成架构打破系统间的数据

孤岛<sup>[7]</sup>, 实现对合同文本、工程量清单、验收记录、付款凭证等多源异构数据的标准化采集与整合; 同时依托数据治理体系, 制定数据清洗、格式标准化等治理规则, 通过算法模型自动化识别并修正数据缺失值、异常值, 构建“结构化+非结构化”一体化原始数据资源池, 为增强知识库的构建提供高质量数据支撑。算力基础设施采用“本地算力集群+云端弹性算力”协同支撑架构, 核心敏感数据通过本地算力集群部署保障数据存储安全

与低时延访问需求，非敏感数据借助云端算力实现弹性伸缩，既满足大模型训练与推理阶段的高算力需求，又实现数据安全性与算力成本可控性的动态平衡，为大模型的稳定高效运行提供可靠算力支撑。

### 2) 核心能力层打造“知识-模型-工作流”融合的智能引擎

核心能力层是平台的“大脑”<sup>[8]</sup>，通过知识库、工作流与大模型的协同，解决港口工程分包结算审计专业性强与模型泛化能力的适配问题，知识库、工作流与大模型的协同机制如图 5 所示。

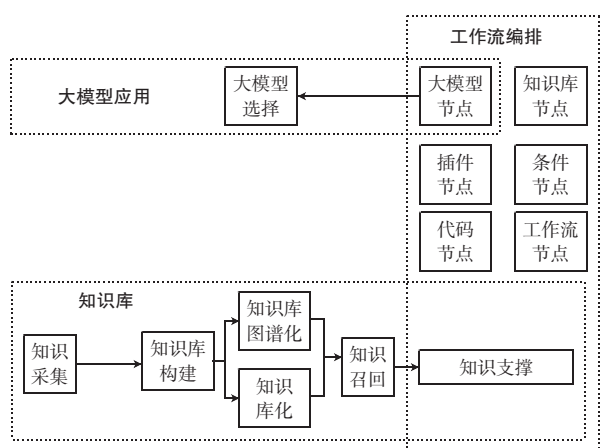


图 5 知识库、工作流与大模型协同机制

Fig. 5 Collaboration mechanism of knowledge base, workflow, and large models

知识库以知识采集为起点，全面汇聚非结构化文档、图片、音视频及结构化表格、数据库等多源异构数据，经知识结构化处理开展分段、向量化操作，同步推进知识图谱构建实施实体抽取、本体建模等工作，通过召回策略、多路召回、重排序等知识精准召回方法，构建专业化分包结算审计知识大脑，为业务提供核心知识支撑；“蓝翼”建筑行业大模型凭借强大的行业理解与逻辑推理能力，结合通用大模型在泛化语义理解、跨场景逻辑推理方面的优势，在审计各环节协同赋能，为审计智能化转型提供核心模型支撑；工作流依托可视化拖拽式编排机制，灵活整合大模型节点、插件节点、代码节点、知识库节点、条件节点、工作流节点等功能组件，实现复杂审计问题的结构化拆解与递进式推理，精准识别用户业务意图并驱动流程自动化执行，通过多智能体协同机制赋予应用类人化思考与分工协作能力，高效适配

分包结算审计全业务流程。三者协同构建“知识支撑-模型驱动-流程赋能”的一体化技术体系，为港口工程分包结算审计智能化转型提供全方位、深层次的技术保障。

### 3) 场景应用层落地全流程审计智能应用

场景应用层聚焦港口工程等建筑工程分包结算审计全业务场景，承接核心能力层技术与知识赋能并转化为实际审计效能，构建覆盖审计计划自动生成、审计巡检任务管理、审计智能预警、审计问题管理、审计报告生成的全流程智能应用矩阵，实现“端到端”智能化覆盖。其中，审计计划自动生成依托增强知识库历史审计知识与大模型逻辑推理能力，结合当前项目信息生成个性化方案，提升科学性与针对性；审计巡检任务管理通过工作流可视化编排拆解子任务，联动大模型与知识库匹配检查标准，实现任务全生命周期数字化管理；审计问题管理借助大模型语义分析关联知识库案例与法规依据，通过工作流联动形成“发现分析—指派—整改—验证”闭环管理；审计智能预警基于大模型数据分析与知识图谱关联关系，实时监测关键环节异常并触发预警推送；审计报告生成由大模型归集审计数据，依据知识库模板快速生成标准化报告，嵌入人工修订接口满足规范与个性化需求，全面提升审计全流程效能与智能化水平。

## 2 结果验证

为验证所构建 AI 审计优化方法及平台的可行性与有效性，选取某工程局港口扩建项目的分包结算审计工作作为验证对象。该项目包含水下地基处理、码头结构施工等典型港口工程分包业务，涉及分包合同 16 份、各类结算凭证 1 200 余份，其中涵盖扫描件、手写签证单、工程计算书等多种非结构化数据，审计场景与数据特征贴合港口工程分包结算审计的实际需求。验证过程严格按照“数据输入—智能解析—规则校验—风险识别—报告生成”的全流程开展，重点对数据解析精度、模型“幻觉”抑制效果及规则动态适配准确率 3 大核心技术指标进行量化评估。结果显示，平台对多类型非结构化数据的关键信息提取准确率达 99.2%，其中手写单据识别误差率控制在 0.2% 以内，显著优于传统光学字符识别技术的提取效果；通过“三重约束”机制，大模型在审计判断中出现虚构关联、违规认定等“幻觉”现象的发生率仅为

0.04%;针对项目实施过程中政策法规更新及专项审计规则调整,平台均实现自动适配与精准执行,规则适配准确率达99.7%,验证了技术方案对核心难题的破解能力。

从实际应用效能来看,该AI审计优化方法较传统人工审计模式整体效率提升80%,将原本需要5d的审计周期缩短至1d,大幅降低了人力投入与时间成本,充分体现了审计模式转型的实践价值。该验证结果表明,本文所构建的AI审计优化方法能够适配港口工程分包结算审计的复杂场景,在技术指标与应用效能上均达到预期目标,为同类工程领域的智能审计转型提供了可落地的实践支撑。

### 3 结语

人工智能技术为港口工程分包结算审计智能化转型提供了全新范式,本文构建的“三层协同”架构平台通过数据、模型、场景的有机融合,重点优化数据解析精度、规避模型幻觉、实现规则动态适配,既有效破解传统审计在效率、精度与风险管控上的固有难题,同时也为审计环节向业务前端延伸奠定了技术基础,实践表明该平台可显著提升审计效能,为行业全链条成本管控提供关键技术支撑。

未来,随着多模态大模型、区块链等技术的深度发展,港口工程分包结算审计智能化将向更具前瞻性的方向深化:

1) 构建全周期审计闭环。推动模型应用从结算环节向前延伸至分包招标文件审查、施工过程关键节点管控等前端场景,形成“事前预警—事中动态监控—事后精准结算”的全流程管理体系。

2) 跨项目协同赋能。依托知识图谱技术整合不同项目的审计经验与风险案例,建立行业级审计知识共享库,整体提升行业审计决策的科学性与前瞻性。

3) 自主进化生态打造。构建“审计数据积累—模型迭代训练—效能优化输出”的自循环机制,实现审计模型能力的持续升级,更好适配各项工程的复杂场景变化,而港口工程审计智能化转型作为“技术赋能+管理升级”的系统工程,需企业管理者、审计部门与数字部门三方协同发力,应以人工智能技术为核心抓手,推动审计模式从“传

统事后核查”全面转向“事前主动预防、事中实时控制、事后精准复盘”的全阶段管理,为行业高质量发展筑牢成本与风险管控屏障。

### 参考文献:

- [1] 陈凤.建筑工程造价结算审核存在问题及实践应用策略研究[J]. 中国建筑金属结构,2025,24(16):193-195.  
CHEN Feng. Research on existing problems and practical application strategies in construction project cost settlement review[J]. China Construction Metal Structure, 2025, 24(16): 193-195.
- [2] 丁桦,谢新晨,王实. DeepSeek 驱动下财务数智化转型创新实践研究:以A集团企业为例[J]. 会计之友,2025(17):154-161.  
DING Hua, XIE Xin-chen, WANG Shi. Research on innovative practices of financial digital-intelligent transformation driven by DeepSeek: A case study of group A enterprise[J]. Friends of Accounting, 2025(17): 154-161.
- [3] 徐超,张雨,周立云. DeepSeek 在审计中的探索与应用研究[J]. 会计之友,2025(18):121-129.  
XU Chao, ZHANG YU, ZHOU Li-yun. The exploration and application of DeepSeek in auditing[J]. Friends of Accounting, 2025(18): 121-129.
- [4] 王晶,梁翠兰,高雨桐,等. 信科集团:以“蓝翼”大模型筑牢数智化转型新标杆[J]. 企业文明,2025(9):14-16.  
WANG Jing, LIANG Cui-lan, GAO Yu-tong, et al. CITIC Information Technology Group: Establishing a new benchmark for digital and intelligent transformation with the "Lanyi" large model[J]. Enterprise Civilization, 2025(9): 14-16.
- [5] 李自拓,孙建彬,陈广州,等. 大语言模型幻觉检测方法综述[J]. 计算机研究与发展,2026,63(1):123-146.  
LI Zi-tuo, SUN Jian-bin, CHEN Guang-zhou, et al. Survey of hallucination detection methods for large language models[J]. Journal of Computer Research and Development, 2026, 63(1): 123-146.
- [6] 李鹏,余涛,李立涅,等. 电力人工智能的演变与展望:从专业智能走向通用智能[J]. 电力系统自动化,2024,48(16):1-17.  
LI Peng, YU Tao, LI Li-cheng, et al. Retrospect and prospects of artificial intelligence for electric power system: From domain intelligence to general intelligence[J]. Automation of Electric Power Systems, 2024, 48(16): 1-17.
- [7] 王伟洁. 释放数据资源价值亟需拔掉“数据烟囱”[J]. 中国信息安全,2022(4):84-86.  
WANG Wei-jie. Unleashing the value of data resources urgently requires removing "Data Silos"[J]. China Information Security, 2022(4): 84-86.
- [8] 朱思宇,吴刚,胡杰,等. 人工智能赋能建筑行业全生命周期的应用场景及思考[J]. 中国建设信息化,2025(16):34-38.  
ZHU Si-yu, WU Gang, HU Jie, et al. Application scenarios and insights of AI-enabled full lifecycle in the construction industry[J]. Information of China Construction, 2025(16): 34-38.