

Research on AI-powered Cost Collaboration Cloud Platform for New Energy Engineering

Lifeng Li Bin Liu

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

Driven by the dual strategies of carbon peak and carbon neutrality goals and artificial intelligence technologies, cost management for new energy engineering is undergoing a profound transformation from traditional experience-driven approaches to data-intelligent paradigms. To address prominent challenges in new energy engineering construction cost management, such as data silos and low cross-departmental collaboration efficiency, this paper proposes and constructs an AI intelligent computing cost collaboration cloud platform. Through key technologies including multi-threaded data concurrency, semantic similarity matching, and retrieval-augmented generation, the platform achieves intelligent engineering quantity verification, automatic quota matching, multi-party discrepancy alignment, and full-process cloud-based collaboration. Practical application demonstrates that the platform can control cost estimation error rate within 0.5%, shorten the preparation cycle by more than 40%, and reduce review costs by 35%. The research findings provide a replicable technical paradigm and practical reference for the intelligent transformation of economic management in new energy engineering.

Keywords

Artificial Intelligence; New Energy Engineering; Cost Management; Intelligent Agent Collaboration

新能源工程 AI 智算造价协同云平台研究

李利峰 刘宾

山东电力工程咨询院有限公司, 中国·山东 济南 250000

摘要

在“双碳”战略与人工智能技术双重驱动下, 新能源工程造价管理正经历从传统经验驱动向数据智能驱动的深刻变革。针对新能源工程建设造价管理中存在着数据孤岛突出、跨部门协同效率低下等问题, 本文提出并构建了一套AI智算造价协同云平台, 通过多线程数据并发、语义相似度匹配、检索增强生成等关键技术, 实现了工程量智能校核、定额自动匹配、多方差异对齐及全流程云端协同。通过实际应用, 平台可将造价误差率控制在0.5%以内, 编制周期缩短40%以上, 校审成本降低35%。研究成果为新能源工程经济管理的智能化转型提供了可复制的技术范式与实践参考。

关键词

人工智能; 新能源工程; 造价管理; 智能体协同

1 引言

在“双碳”战略目标引领下, 我国新能源产业已步入规模化、高质量发展的关键阶段。截至2025年10月, 全国风电、太阳能发电总装机容量已突破17亿千瓦, 产业发展态势强劲。然而, 伴随项目规模向基地化、技术应用向深远海与多能互补等领域加速演进, 工程造价管理作为项目经济效益的核心环节, 面临严峻挑战。设计提资与造价作业脱节、数据孤岛现象突出、跨部门协同效率低下、复合型人才短缺等问题, 已成为制约行业高质量发展的突出瓶颈。

与此同时, 人工智能技术的迅猛发展为破解上述困境

提供了全新路径。国家能源局《关于组织开展“人工智能+”能源试点工作的通知》(国能综通科技〔2025〕168号)明确提出以“人工智能+”场景应用为牵引, 推动技术与产业深度融合。在此背景下, 如何将AI能力深度嵌入新能源工程造价全流程, 实现从“人算”到“智算”的跨越, 成为亟待解决的关键科学问题。

2 平台总体架构与关键技术

2.1 总体架构设计

平台采用分层解耦的微服务架构, 自下而上划分为基础设施层、数据资产层、AI中台层、业务应用层及用户交互层。

基础设施层: 全面适配国产信创环境, 兼容鲲鹏、飞腾等国产CPU及麒麟、统信UOS等操作系统, 支持昇腾、

【作者简介】李利峰(1986-), 男, 中国山东莱芜人, 高级工程师, 从事发电工程造价研究。

沐曦等国产 AI 算力卡。核心服务统一采用 Docker 容器化封装，基于 Kubernetes 进行编排调度，实现弹性伸缩与高可用部署。

数据资产层：构建了“五库一体”轻量化数据中心，涵盖技经数据库、行业定额库、信息价库、特征规则库及向量知识库，实现“一处录入、多处复用”，从源头解决数据孤岛问题。

AI 中台层：集成模型管理、智能体编排、算力调度与效果评估等核心能力，提供从数据准备、模型训练到服务部署、反馈优化的一站式 AI 工程化支撑，打通“数据 - 模型 - 应用 - 反馈”闭环。

业务应用层：部署全生命周期工程造价、造价一张表及五大智能体等核心功能模块，通过统一 API 网关对外提供服务。

用户交互层：采用 Vue3+Element Plus 技术栈构建响应式 Web 应用，全面适配 PC 端与移动端。

2.2 核心技术路线

2.2.1 分层智能体系

平台以“大模型驱动、小模型落地”为核心理念构建分层智能体系。通用大模型层采用 Qwen3、DeepSeek 等开源模型提供泛化能力与自然语言理解基础；领域专用层通过自主研发的造价垂直大模型实现专业语义理解与计价逻辑推理；任务执行层部署组价、类比、校审、测算、问答五大智能体，分别承担不同环节的智能化任务。

2.2.2 检索增强生成架构

平台引入检索增强生成 (Retrieval-Augmented Generation, RAG) 架构，结合 Milvus 向量数据库与技经大数据资产，构建面向工程领域的智能问答与知识推荐系统。RAG 架构的核心流程为：将用户查询转换为向量表示，在向量知识库中检索最相关的 Top-K 文档片段，将检索结果与原始查询组合形成增强提示，交由大模型生成带来源引用的结构化回答。该架构有效解决了通用大模型的“幻觉”问题，确保输出内容的可追溯性与权威性。

2.2.3 语义相似度计算

为实现工程量清单、定额子目等专业文本的精准匹配，平台采用 Sentence-BERT (SBERT) 模型进行语义相似度计算。SBERT 通过孪生网络结构将句子映射到语义向量空间，利用余弦相似度度量文本间的语义距离，其计算效率较传统 BERT 模型提升约 5 倍。对于无标准编码的清单项，平台通过 SBERT 计算名称与特征描述的语义相似度，实现跨版本、跨命名体系的智能对齐。

2.2.4 微服务架构与 MCP 协议

后端采用 SpringBoot+SpringCloud 构建高性能微服务体系，通过 Nacos 实现服务注册与发现，Dubbo 作为高性能 RPC 框架支撑服务间通信。在智能体与业务系统的交互层面，平台基于 Anthropic 提出的 MCP (Model Context

Protocol) 协议封装标准化工具集，包括 Excel 解析、技经数据库访问、在线文档协同、造价公式计算等 MCP 工具，确保智能体调用工具的标准性、数据访问的安全性及操作闭环的完整性。

3 核心功能与创新机制

3.1 造价垂直大模型

造价垂直大模型是平台的核心认知引擎，其构建过程分为三个阶段：

第一阶段：数据底座构建。整合结构化数据 (定额库、信息价库、特征规则库) 与非结构化数据 (历史概算书、招标控制价、设计说明、政策文件)，清洗并提取“清单 - 定额 - 价格”三元组；将造价工程师的组价规则、校审要点转化为指令微调样本，构建高质量训练语料。

第二阶段：领域微调。基于开源大模型底座，采用两阶段训练策略：首先在造价语料上进行领域自监督预训练，提升专业词汇与句式理解能力；然后通过人工标注的“问题 - 答案 - 依据”三元组进行监督微调 (Supervised Fine-Tuning, SFT)，对齐业务目标。

第三阶段：功能集成与持续进化。模型通过 AI 中台统一调度，深度嵌入知识文档处理、智能组价、智能问答等核心流程。用户对 AI 建议的采纳、修改或驳回操作自动记录为反馈数据，驱动模型的增量训练与月度迭代。

该模型具备三大核心能力：一是专业语义理解，可精准解析工程术语、计量单位及政策条文，准确提取“材料规格”“施工工艺”“地域系数”等关键字段；二是计价逻辑推理，在智能组价场景中结合项目上下文自动推荐定额组合，综合考虑地质条件、运输距离、市场波动等多维因子，输出可解释、可追溯的组价建议；三是合规智能校验，自动识别概算中的不合理项或漏项。

3.2 五大智能体协同体系

3.2.1 组价智能体

组价智能体是平台的智能组价引擎，其实现方案围绕“精准输入、智能检索、综合计算”三大支柱展开。在输入阶段，通过自然语言处理与命名实体识别技术，将设计提资的非结构化信息转化为标准化特征向量。在检索阶段，同时检索定额库、价格库与历史项目库，利用 Faiss 进行近似最近邻搜索，快速返回 Top-K 个最相关条目。在生成阶段，将检索到的上下文信息与项目特征组合，输入微调后的领域模型，生成结构化的组价方案。

3.2.2 类比智能体

类比智能体构建了双维度工程量与成本合理性校验机制。纵向维度聚合施工方、咨询方、业主方等多方历史数据，通过 SBERT 语义匹配实现跨版本清单项自动对齐，逐项计算工程量差异与偏差率，高亮显示超出阈值的高风险项。横向维度分析同类造价项在多个项目中的分布特征，采用统计

分位数建模 (P10-P90 区间), 识别异常偏离值, 实现“一纵一横”交叉验证。

3.2.3 校审智能体

校审智能体打造了“规则-数据-经验”融合的多层级智能校审体系, 涵盖四类规则: (1) 语法格式校验, 检查清单编码、单位、小数位数等格式规范性; (2) 逻辑计算校验, 验证计算公式的正确性与引用完整性; (3) 合规法规校验, 对照行业定额与政策文件的适用性; (4) 合理性经验校验, 基于历史数据分布判断造价指标的合理性。四类规则由浅入深, 实现从硬性合规校验到软性合理性评估的全覆盖。

3.2.4 测算智能体

测算智能体支持两种成本计算模式。快速成本计算模式适用于可研阶段方案比选, 基于项目整体特征(类型、规模、地域、结构形式)在历史项目库中检索最相似案例, 复用其工程量指标与成本构成, 快速生成全口径估算。精细成本计算模式适用于施工图预算等高精度阶段, 针对设计投资中的每一项具体工作内容, 结合细粒度特征(材料规格、施工工艺、工程部位)在历史成本数据库中逐项匹配, 分别测算直接成本与间接成本, 实现“一清单一成本”的精细化核算。

3.2.5 问答智能体

问答智能体基于工程领域知识库构建 RAG 增强问答系统, 覆盖操作指引、规范条文、术语解释、计算示例等多模态知识资源。系统采用多轮对话引擎管理上下文状态, 通过跨系统 API 网关调用业务数据, 实现自然语言交互与业务操作的贯通, 典型应用包括“查看 XX 项目最新风机基础造价”、“对比 XX 与 XX 项目的组价差异”等场景。

4 应用效果与分析

4.1 效率与精度提升

平台在试点应用中取得了显著成效。工程量智能校核较人工方式效率提升显著, 组价智能体定额匹配准确率达 85% 以上; 造价编制周期缩短 40% 以上, 人工校审成本降低 35%; 造价结果误差率控制在 0.5% 以内, 远低于行业平均水平。以单项目测算, 设计投资阶段从邮件传递、手动录入转为系统自动同步, 单项目节省工时约 2 小时; 组价阶段从人工逐项核对转为智能推荐+人工确认, 效率提升 50% 以上。

4.2 成本管控与风险降低

平台通过全周期数据贯通与智能预警机制, 实现了成

本风险的精准管控。在项目实施阶段, 多立场工程量自动对齐功能可快速比对施工方、咨询方、业主方三方清单, 精准定位差异项并追溯原因, 大幅减少沟通成本与成本超支风险。校审智能体在概算编制阶段即可自动识别定额套用错误、费率计算偏差等问题, 提前预警潜在风险点, 结合市场行情给出合理预估, 有效避免投标报价偏差与施工过程超支。

4.3 数据资产沉淀与复用

平台的结构化数据沉淀能力, 将各项目全周期造价数据进行统一归集、脱敏处理与标准化加工, 形成企业专属的造价指标库、材料价格库及工艺工法库。这些数据资产可直接支撑后续项目的快速组价与成本测算, 通过持续迭代优化, 精准匹配企业业务特点与技术优势, 构建起难以复制的差异化竞争壁垒。

5 结语

本文针对新能源工程造价管理的行业痛点, 设计并研发了一套 AI 智算造价协同云平台。平台以造价垂直大模型为核心认知引擎, 以五大智能体为任务执行单元, 以“造价一张表”为协同载体, 实现了从设计投资到成本测算的全流程智能化、云端化、协同化管理。试点应用表明, 平台在提升作业效率、降低造价误差、优化协同机制等方面取得了显著成效。

未来, 平台将在以下方向持续深化: 一是扩充新能源工程专属语料库, 进一步提升造价垂直大模型的领域精度与推理能力; 二是拓展储能、综合能源基地等新兴场景的造价模型适配; 三是深化 API 开放平台建设, 构建行业生态体系, 推动造价数据的跨企业、跨项目共享与价值挖掘, 为新能源产业的高质量发展提供更坚实的数字底座支撑。

参考文献

- [1] 国家能源局. 2025年全国电力工业统计数据[R]. 北京: 国家能源局, 2025.
- [2] 住房和城乡建设部. 2023年工程造价咨询统计公报[R]. 北京: 住房和城乡建设部, 2025.
- [3] 国家能源局. 关于组织开展“人工智能+”能源试点工作的通知: 国能综通科技〔2025〕168号[Z]. 2025.
- [4] 张建平, 余芳强, 李丁. BIM技术在工程造价管理中的应用研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(5): 55-59.
- [5] 马智亮, 蔡诗瑶. 基于BIM的工程量自动提取方法研究[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2018, 58(5): 467-473.