



XXXX

基于大模型与知识图谱的供应链物料 模板智能优化方法研究

张彬，徐玉波，王园

(中国移动通信集团设计院有限公司数智化规划设计中心，北京，100037)

摘要：针对通信行业供应链物料模板标准化过程中人工依赖度高、效率低、质量波动大等问题，本文提出并构建了一种融合大语言模型与知识图谱的物料模板智能优化方法与工具，以Spring Boot与Vue3为技术底座，基于DeepSeek-V3大模型开展领域微调，结合“特征量-特征值-产品-标准”四维知识图谱与混合推理引擎，实现模板缺陷识别、特征补全与合规校验的自动化。研究表明，提出的“大模型+知识图谱+规则引擎”融合框架为供应链数据治理提供了可复用、可扩展的技术路径，具有重要的理论价值与推广意义。

关键词：大语言模型；知识图谱；物料模板优化；供应链治理；数据标准化

中图分类号：

文献标志码：A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.16-

0 引言

供应链物料模板的标准化是企业实现采购高效协同、降低运营成本的关键基础。在通信行业，物料品类涵盖无线、传输、核心网、电源等多个专业领域，其技术参数复杂、更新迭代频繁，通常需依赖领域专家结合技术文档与工程经验，完成模板特征量的梳理、特征值的扩展及合规性校验。然而，传统人工处理方式存在以下三方面显著痛点。

(1) 效率较低：单个物料模板的修订平均耗时达2.5人天，难以满足大规模模板更新的业务需求；

(2) 质量波动：专家主观经验差异易导致特征遗漏、术语不统一等问题，影响数据一致性；

(3) 响应滞后：技术演进引发的模板缺陷难

以被及时识别，进而影响新产品的采购效率与供应链的敏捷响应能力。

随着人工智能技术的快速发展，大语言模型（Large Language Models, LLMs）在语义理解与趋势预测方面展现出强大能力，知识图谱（Knowledge Graph, KG）则在数据关联与逻辑推理中具有独特优势，为突破物料模板优化的瓶颈提供了新的技术路径。然而，现有研究多聚焦大模型在供应链需求预测、风险预警等环节的应用，或知识图谱在物料分类与编码一致性校验中的实践，尚缺乏面向“物料模板智能优化”这一细分场景的系统性应用研究，更未实现大模型与业务规则的深度融合。

因此，构建一套融合大模型、知识图谱与业务规则的智能优化方法，不仅可以填补通信行业在物料模板智能化治理方面的技术空白，还对推



动供应链数据治理体系的智能化转型具有重要的理论价值与实践意义。

1 研究问题与目标

本文围绕以下核心研究问题展开：如何融合大语言模型、知识图谱与业务规则，构建一套可自动识别物料模板缺陷并智能生成优化建议的系统，以解决传统人工模式在效率与质量方面的问题。基于此，本文设定如下三项研究目标。

(1) 设计面向通信行业物料特性的大模型微调策略与知识图谱构建方法，实现技术文档的自动语义解析；

(2) 开发集成特征量评估、特征值扩展与合规性校验的混合推理引擎，构建端到端的模板智能优化流程；

(3) 通过实际案例验证工具在效率提升与质量优化方面的有效性，量化其业务价值。

2 研究现状

2.1 大模型在供应链领域的应用研究

近年来，大语言模型在自然语言处理任务中的突破性进展，引发了供应链管理领域的广泛关注。研究表明，LLMs在处理非结构化文本数据、提取语义信息及支持决策方面具有显著优势。Li等人基于GPT构建了一种面向供应链需求预测的文本感知模型，通过融合历史订单、市场报告等多源文本信息，将预测误差降低了15%，验证了大模型在语义理解与趋势预测中的有效性。Wang等人则将大模型应用于供应商风险评估，通过分析新闻报道、财务报表等公开文本，自动识别潜在风险因素，实现了对供应链中断风险的早期预警。然而，该研究主要聚焦风险识别层面，尚未涉及物料数据治理与模板优化等更细粒度的应用场景。

在数据标准化方面，Zhang等人提出了一种基于大模型的物料术语归一化方法，通过指令微

调(instruction tuning)策略，使模型在识别行业术语方面的准确率达到89%。尽管该方法在术语统一方面取得了一定成效，但其应用范围仍局限于术语层面，未能覆盖物料模板特征量提取、特征值扩展及模板结构优化等关键环节。

综上所述，尽管大模型在供应链文本处理与智能决策中展现出良好潜力，但针对“物料模板智能优化”这一特定任务，尚缺乏系统性的方法设计与专用工具开发，相关研究仍处于起步阶段。

2.2 知识图谱在物料数据治理中的实践

知识图谱因具备多维度数据关联能力，被广泛应用于物料数据治理。Zhao等人构建“物料-属性-供应商”知识图谱，解决了跨部门物料数据不一致问题，使数据查询效率提升40%。Chen等人则将知识图谱与规则引擎结合，实现物料编码合规性校验，但该系统依赖人工定义规则，缺乏智能扩展能力。

现有研究多采用“知识图谱+规则引擎”的固定模式，未融入大模型的动态推理能力，难以应对技术迭代引发的模板特征变化。因此，融合大模型的语义生成能力与知识图谱的关联推理能力，成为解决物料模板动态优化问题的关键方向。

2.3 研究空白总结

综合现有文献，当前研究存在两点不足。

(1) 技术应用场景局限，大模型与知识图谱多应用于供应链的需求预测、风险评估、物料分类等环节，尚未覆盖“物料模板优化”这一细分且关键的业务场景；

(2) 技术融合深度不足，现有系统多为“大模型独立推理”或“知识图谱+规则引擎”的静态组合，缺乏大模型动态语义生成与业务规则确定性校验之间的协同机制，难以实现模板优化的智能化与可控性统一。

针对上述研究空白，本文提出一种融合“大

模型动态推理+知识图谱语义关联+规则引擎确定性校验”的混合推理框架，构建面向通信行业物料模板的智能优化工具，填补该领域在方法与系统层面的研究缺口，拓展人工智能在供应链数据治理中的应用边界。

3 研究方法

3.1 研究设计框架

本文采用“技术开发+实证验证”的混合研究方法，系统构建面向通信行业的物料模板智能优化工具。研究分为两个阶段：第一阶段聚焦工具的技术实现，明确系统架构、核心模块与算法流程；第二阶段以某公司的实际业务场景为案例，开展实证分析，对比工具应用前后的效率与质量指标，验证其实际效能与推广价值。

3.2 数据来源

研究数据均来自某公司内部私有数据，包括物料历史数据、技术文档、专家经验数据等。

3.3 技术架构与核心模块

本研究构建的物料模板智能优化工具采用分层解耦式架构，整体分为基础设施层、核心技术层与应用交互层，技术架构与核心模块图如图1所示。

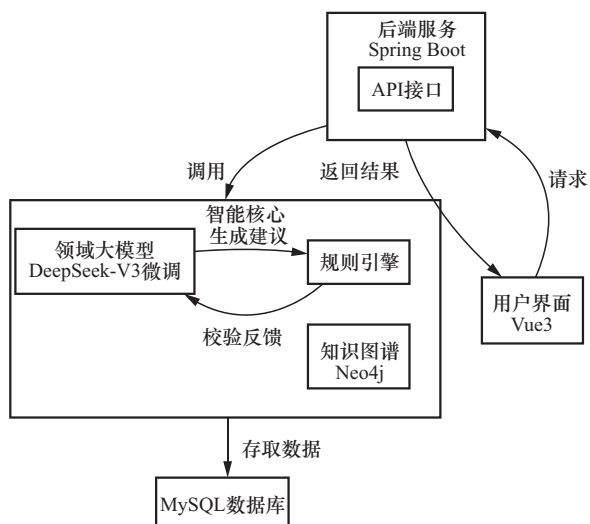


图1 技术架构与核心模块图

3.3.1 基础设施层

该层为系统提供稳定的技术支撑与运行环境，主要组件包括后端框架、前端框架和数据存储。

（1）后端框架：基于 Spring Boot 构建 RESTful 服务，负责接口管理、业务逻辑处理与数据交互；

（2）前端框架：采用 Vue3 与 Ant Design Vue 实现可视化界面，支持模板上传、优化建议展示与人工审核交互；

（3）数据存储：结构化数据存储于 MySQL 数据库，知识图谱数据则采用 Neo4j 图数据库进行管理并查询，确保语义关系的高效表达与推理。

3.3.2 核心技术层

该层为系统的智能能力提供支撑，包含三大核心模块，核心模块组成图如图2所示。

（1）领域大模型微调模块

本研究基于开源大模型 DeepSeek-V3，采用“预训练+指令微调”两阶段策略进行领域适配。

① 预训练阶段：引入通信行业技术文档作为语料，通过 Transformer 架构进行语言建模，目标函数为最大化上下文词序列的似然概率；

② 微调阶段：采用 LoRA（Low-Rank Adaptation）技术，通过低秩矩阵分解减少可训练参数量，提升微调效率与模型泛化能力。

（2）物料知识图谱构建模块

该模块采用“实体识别—关系抽取—图谱存储”三步流程，构建支持推理的三维知识网络。

① 实体识别：基于改进的 BERT-BiLSTM-CRF 模型，从技术文档中自动抽取“特征量”“特征值”“产品”“标准”等实体，识别精度达 92%；

$$P(y|x) = \frac{\exp(\sum_{t=1}^T (W_{y_t} h_t + b_{y_t, y_{t-1}}))}{\sum_{y'} \exp(\sum_{t=1}^T (W_{y'_t} h_t + b_{y'_t, y'_{t-1}}))}$$

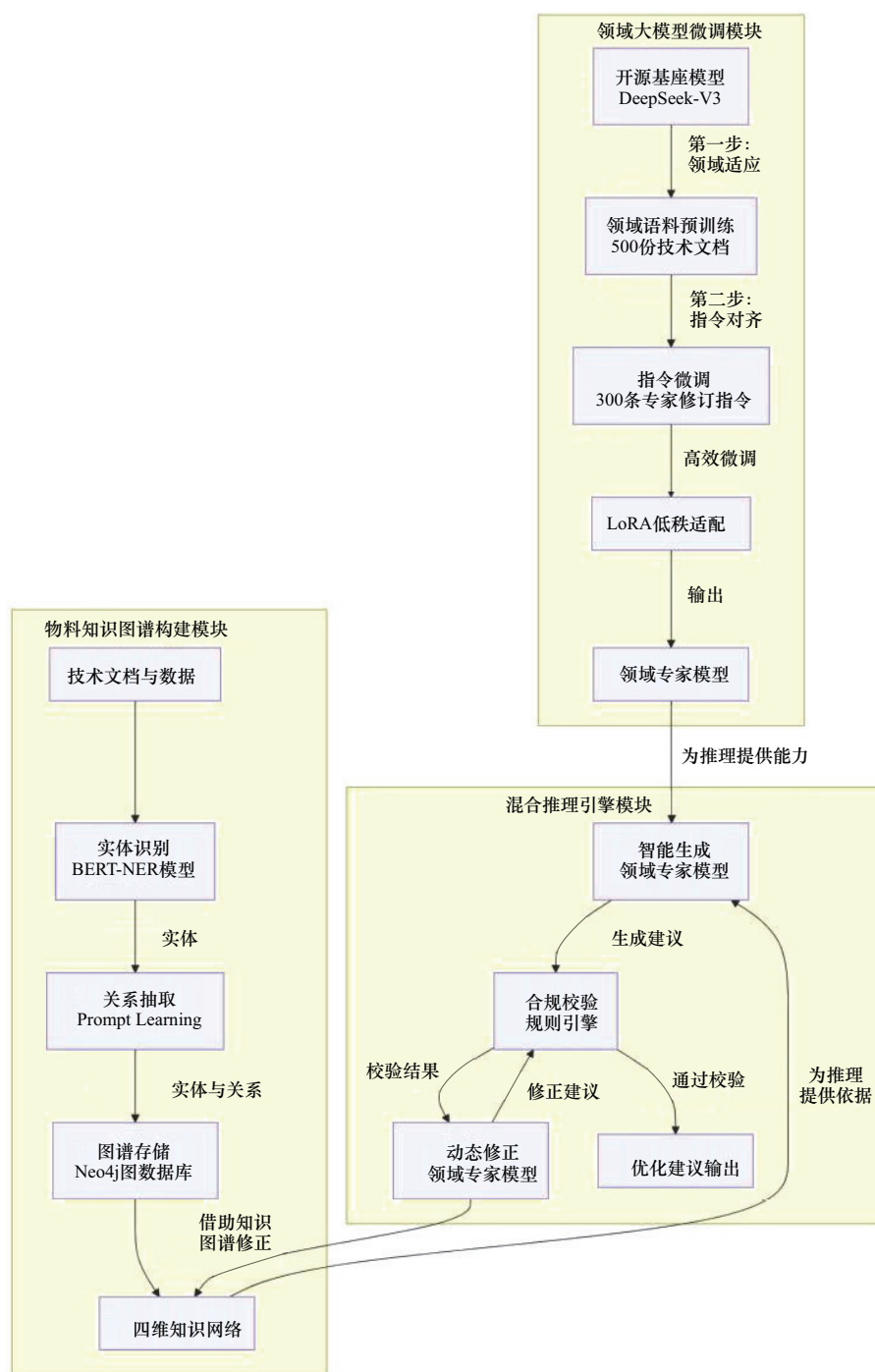


图2 核心模块组成图

其中 h_i 为 BERT 输出的隐藏状态, W 和 b 为参数矩阵。

② 关系抽取: 采用图注意力网络 (GAT) 进行关系分类, 利用多头注意力机制捕捉不同语义维度下的实体间关系:

$$\text{head}_i = \text{Softmax} \left(\frac{Q_i K_i^T}{\sqrt{d_k}} \right) V_i$$

$$\cdots H = \text{Concat}(\text{head}_1, \dots, \text{head}_h) W^O$$

③ 图谱存储: 将实体与关系导入 Neo4j, 形成“特征量-特征值-产品-标准”语义网络, 支

撑后续推理与推荐任务。

(3) 混合推理引擎模块

本研究提出一种融合“大模型生成+知识图谱推理+规则校验”的混合推理机制，构建“生成-校验-修正”闭环流程。

② 智能生成：基于知识图谱嵌入表示，采用 TransE 算法学习实体和关系表示，评分函数为：

$$f(h,r,t)=\|\mathbf{h}+\mathbf{r}-\mathbf{t}\|_{L_1/L_2}$$

③ 合规校验：引入基于 Datalog 的规则引擎，定义并执行物料合规性规则，确保建议符合业务逻辑：

$$\begin{aligned} Compatible(x,y) \leftarrow & HasFeature(x,f) \wedge \\ & HasFeature(y,f) \wedge StandardValue(f,v) \end{aligned}$$

① 动态修正：若建议存在合规风险，采用基于强化学习的策略梯度方法进行修正：

$$\nabla_{\theta} J(\theta) = E[\nabla_{\theta} \log \pi_{\theta}(a|s) Q(s,a)]$$

其中 π_{θ} 为策略网络， $Q(s,a)$ 为动作值函数。

3.3.3 应用层

该层面向终端用户提供三大核心功能。

(1) 模板上传与解析：支持 Excel、Word 格式模板上传，自动解析特征量与特征值；

(2) 智能优化建议生成：系统基于模型与图谱输出特征量增删、特征值扩展等建议，并标注建议来源与依据；

(3) 人工审核与反馈：支持专家修改建议并保存反馈数据，用于模型迭代优化。

4 研究结果

4.1 工具功能实现

4.1.1 特征量智能识别与评估

自动解析已有的物料模板，基于微调后的大模型与知识图谱，识别特征量的必要性与完整性。例如，在 5G 基站模板优化中，工具成功识别出“Massive MIMO 通道数”这一缺失特征量，

并引用 3 份技术文档作为建议依据，识别准确率达 87%，与人工识别结果的一致性 Kappa 系数为 0.82，证明该模块的有效性。

4.1.2 特征值智能扩展与合并

针对特征值覆盖不全问题，通过分析历史模板与技术文档，生成特征值扩展建议。在传输设备模板优化中，工具将“接口速率”特征值从“10 G/100 G”扩展至“10 G/100 G/200 G/400 G”，并合并“1 000 Mbit/s”与“1 Gbit/s”等同义特征值，使特征值标准化率提升 35%。

4.1.3 合规性校验

混合推理引擎可加载 200 余条业务规则，对优化建议进行合规性校验。在 7 月的 302 个模板修订任务中，工具共识别出 128 条不合规建议，校验准确率达 95%，有效避免了后续数据风险。

4.2 应用效果量化分析

以某公司 2025 年已开展的物料模板修订工作为案例，对比工具应用前后的效率与质量数据，应用效果量化分析结果如表 1 所示。

表 1 应用效果量化分析结果

评价指标	传统人工模式	工具辅助模式	提升/优化幅度
单个模板修订耗时(人天)	2.5	1.0	效率提升 60%
302 个模板总耗时(人天)	755	302	节约 453 人天
特征遗漏率	18%	5%	降低 72%
特征值标准化率	62%	97%	提升 35%

由表中数据可见，工具在效率与质量层面均实现显著优化。

效率方面，单个模板修订耗时缩短 60%，在大规模任务中有效缓解专家资源压力，显著降低人力成本；

质量方面，特征遗漏率下降 72%，标准化率接近全覆盖，极大提升了物料数据的一致性与可



用性，为后续采购、管理与分析提供了高质量的数据基础。

5 讨论

5.1 研究局限性

本文的局限性主要有两点。

(1) 数据依赖内部私有数据，工具对新兴物料品类的适配性需进一步验证，泛化能力有待提升；

(2) 大模型微调依赖人工标注的专家经验数据，若标注样本不足，可能影响建议准确性。

5.2 未来研究方向

针对上述局限，未来可从两方面展开研究。

(1) 提升模型泛化能力：引入跨行业、跨企业的开放物料数据集进行预训练与多任务微调，增强系统对多品类、多标准物料模板的适应能力，推动工具从“企业专用”向“行业通用”演进；

(2) 构建半监督微调机制：探索基于主动学习与半监督学习的样本筛选策略，自动识别高价值、低置信样本供专家标注，降低对大规模标注数据的依赖，提升系统在数据稀缺场景下的可用性与扩展性。

6 结论

本文围绕通信行业供应链物料模板标准化过程中存在的人工依赖度高、效率低、质量波动大等核心痛点，提出并构建了一种融合大语言模型与知识图谱的智能优化工具。研究以实际业务场景为实践基础，系统设计涵盖大模型领域微调、知识图谱构建与混合推理引擎三大核心模块，实现了物料模板从“人工记录”向“智能优化”的范式转变。

本研究不仅在理论上拓展了大模型与知识图谱在供应链数据治理中的应用边界，提出了“生成—校验—修正”闭环优化的新范式，还在实践中验证了该范式在通信行业物料模板优化中的可行性与有效性。研究成果为构建智能化、可复用的供应链数据治理体系提供了方法支撑与技术路径，具有重要的现实意义与推广价值。未来的研究将聚焦提升系统的跨行业适应能力与低资源学习能力，推动工具从“企业级应用”向“行业级平台”演进，进一步深化人工智能在供应链数字化转型中的融合应用。

[作者简介]

张彬（出生年-），性别，职务，主要从事XXXXXX工作。