

基于BI的现代智慧供应链可视化系统设计研究

费晓明¹, 闫亮¹, 陈煜²

¹国网浙江省电力有限公司湖州供电公司, 浙江 湖州

²杭州繁胜科技有限公司, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年11月12日; 录用日期: 2025年12月15日; 发布日期: 2025年12月23日

摘要

为应对传统电力物资供应链管理模式存在的“信息孤岛”、业务响应滞后及过度依赖人工经验等痛点, 本文基于商业智能(BI)技术, 设计并研究了一套现代智慧供应链可视化系统, 并重点提出了由数据采集层、数据处理层和业务服务层构成的系统总体架构, 详细论述数据治理流程。核心贡献在于设计了电商异常选购、虚假出入库、应招未招三大风险监测模型, 通过多维度规则实现对供应链关键环节的自动化、智能化监督。应用效果表明, 该系统能显著提升风险识别效率、增强业务合规性并为管理决策提供有力支持, 为同类企业的供应链数字化转型提供了可借鉴的路径。

关键词

BI, 智慧供应链, 可视化, 风险监测

Research on Design of Modern Intelligent Supply Chain Visualization System Based on BI

Xiaoming Fei¹, Liang Yan¹, Yu Chen²

¹Huzhou Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Huzhou Zhejiang

²Hangzhou Fansheng Technology Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

Received: November 12, 2025; accepted: December 15, 2025; published: December 23, 2025

Abstract

To address the pain points in traditional electric power material supply chain management—such as “information silos”, delayed operational responses, and excessive reliance on manual experience—this paper designs and develops a modern intelligent supply chain visualization system based

文章引用: 费晓明, 闫亮, 陈煜. 基于 BI 的现代智慧供应链可视化系统设计研究[J]. 计算机科学与应用, 2025, 15(12): 353-359. DOI: 10.12677/csa.2025.1512349

on Business Intelligence (BI) technology. The study emphasizes a three-tier system architecture, comprising the data acquisition layer, data processing layer, and business service layer, and elaborates on the data governance process. The core contribution lies in the design of three risk monitoring models: abnormal e-commerce procurement, false inbound/outbound operations, and avoidance of mandatory bidding. By implementing multi-dimensional rules, these models enable automated and intelligent supervision of critical supply chain links. Application results demonstrate that the system significantly enhances risk identification efficiency, strengthens operational compliance, and provides robust support for management decision-making, offering a valuable reference for the digital transformation of supply chains in similar enterprises.

Keywords

BI, Smart Supply Chain, Visualization, Risk Monitoring

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着“数字中国”建设战略的深入实施与国家电网有限公司智慧供应链体系建设部署的全面推进，电力物资供应链的数字化转型已成为构建新型电力系统、夯实能源安全基石的必然要求。传统的供应链管理模式在应对日益复杂的业务场景时，暴露出“信息孤岛”、业务响应滞后、过度依赖人工操作与经验判断等诸多痛点。在此背景下，利用先进的信息技术手段构建一个全程可视、可管、可控的现代智慧供应链，对于提升供应链韧性、保障物资供应安全与降低运营成本具有至关重要的现实意义。

商业智能(BI)技术作为实现数据驱动决策的核心工具，能够通过整合多源异构数据、构建分析模型与提供直观的可视化展示，有效破解传统管理模式的困境。因此，本文立足于国家电网智慧供应链建设的具体实践，旨在设计并研究一套基于BI的现代智慧供应链可视化系统。本文将首先探讨供应链可视化与BI技术的相关理论，进而重点阐述系统的总体架构、数据治理流程以及电商异常选购、虚假出入库、应招未招三大核心风险监测模型的设计思路。最后，通过对系统应用效果的分析，验证其在提升风险识别效率、增强业务合规性与强化管理决策支持方面的价值，以期为同类企业的供应链数字化转型提供有益参考。

2. 相关理论与方法

2.1. 商业智能技术

商业智能(BI)技术通过整合多源异构数据、构建数据仓库、运用统计分析及可视化工具，将原始数据转化为易于理解的洞察与决策支持信息，从而实现从“经验驱动”到“数据驱动”的转变。可视化作为BI系统中的关键呈现手段，其本质是人类通过视觉媒介对事物形态与内在关系的认知过程，它借助图形、图像等载体，将抽象数据转化为直观可感知的形式，从而增强人们对复杂信息的理解与洞察能力[1]。在信息化环境下，可视化媒介不断演进，计算机技术支持将海量数据通过图形处理技术转化为人类视觉可识别的图像，促进基于数据的深度分析与决策[2]。

面对个性化数据分析诉求，FineBI凭借其卓越的灵活性成为优选。作为专注可视化的BI工具，它将自助分析贯穿于设计核心，通过清晰易懂的操作流程赋能用户，使其具备深入的数据探索与分析能力，

在提升数据分析图表制作效率的同时，也降低了该类图表制作的入门难度[3]。在智慧供应链系统中，BI可视化不仅限于静态图表的展示，更包括动态交互看板、多维度指标分解、实时监测预警等功能，使用户能够快速掌握全局态势、定位问题环节，并支撑从战略规划到执行调控的全流程管理。

2.2. 智能供应链

智能供应链是在传统供应链基础上，深度融合物联网、大数据、人工智能、区块链等新兴技术，实现供应链智能化、数字化、协同化管理的先进模式[4]。在电力行业中，智能供应链的应用已成为提升物资管理效率、降低运营成本的关键路径。孙丰杨等指出，智慧供应链通过物联网技术实现物资状态的实时感知，通过大数据分析构建需求预测模型，并通过人工智能算法优化采购与库存管理流程，显著提升了电力企业物资管理的响应速度与精准性[5]。卢浩博在研究国家能源集团物资采购时进一步强调，信息化平台的建设是实现供应链全流程在线化、数字化、可视化的基础，而数据驱动的智能决策是提升采购合规性与效率的核心[6]。

2.3. 风险预警方法

风险预警是智能供应链中保障设备安全与运营稳定的关键环节。康超等提出了一种基于深度学习的电力设备健康评估与风险预警方法，通过改进的卷积神经网络与多头注意力机制实现多源异构数据的高效特征提取，并结合变分自编码器与孤立森林进行异常检测，显著提升了故障识别与预警的准确性[7]。该方法通过蒙特卡罗丢弃法估计预测置信区间，进一步增强了风险评估的可靠性。此外，林等人基于LSTM与贝叶斯优化的时间序列预测模型，在电力负荷预测中表现出较强的泛化能力，为风险预警提供了时序数据分析的支持[8]。研究表明，引入多尺度时序建模与混合注意力机制，可有效捕捉设备状态的演化趋势，实现从被动响应到主动预警的转变。

2.4. 采购合规性审计研究

采购合规性审计是防范“越权采购”“虚假出入库”等违规行为的重要手段。吴越人等开发了一套基于人工智能的物资计划审查智能辅助应用，通过构建采购目录数据库与多维度规则引擎，实现了对技术文件、工程量清单等的自动化合规审查[9]。该系统通过关键词匹配与逻辑校验，有效识别“甲供转乙供”“超目录范围”等典型违规情形，提升了审查效率与准确性。卢浩博进一步指出，采购合规性的提升需依托于制度与技术的双轮驱动。国家能源集团通过建立供应商评估体系、优化采购流程、强化监督考核，构建了覆盖全流程的合规管理机制[6]。实践中，结合大数据分析与规则模型，可实现采购行为的实时监控与风险提示，形成“事前预防-事中控制-事后审计”的闭环管理。

3. 智慧供应链可视化系统设计

3.1. 系统总体架构

本系统总体架构遵循数据流与业务价值逐层递进的原则，可划分为三个核心层次：数据采集层、数据处理层与业务服务层。该架构确保了从多源数据接入到最终风险可视化与决策支持的端到端闭环管理（如图1）。

(1) 数据采集层：作为系统的基础，负责从智慧供应链的多个业务系统中提取原始数据。该层实现了对分散异构数据的统一汇聚，为上层分析提供了完备的数据原料。

(2) 数据处理层：对采集到的数据进行存储、风险模型计算以及加工处理。先将数据存储至数据仓库，依托预设的风险规则与算法，结合电商异常选购、虚假出入库、应招未招等风险场景的规则，对数据开展分析计算，同时进行指标计算、数据脱敏、异常标记等数据加工操作，为上层业务服务提供数据

支撑。

(3) 业务服务层与可视化看板展示: 作为系统的价值输出端, 通过可视化的方式将数据处理层的成果转化为具体的业务监督能力。一方面, 基于数据处理层提供的数据, 开展电商异常选购监督、虚假出入库监督、应招未招监督等业务服务; 另一方面, 通过可视化看板展示, 将业务服务过程及结果以直观的形式呈现出来, 使用户能够清晰了解供应链相关业务的运行状况与风险情况, 助力管理决策。

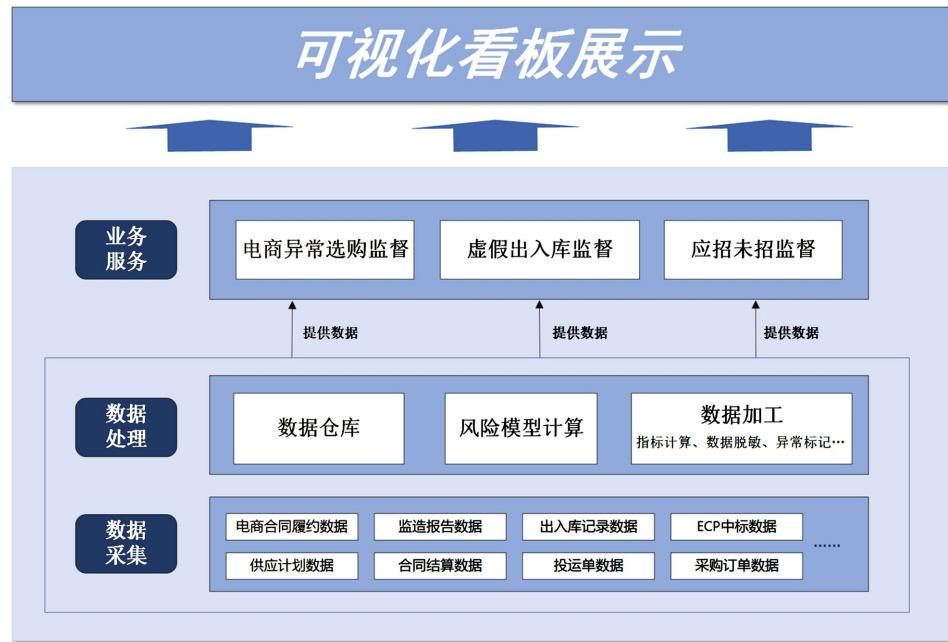


Figure 1. System overall framework

图 1. 系统总体框架

3.2. 数据源与数据处理

本系统的有效运行高度依赖于全面、准确和多源的数据基础, 以及对原始数据进行规范化、结构化和价值化的处理流程。

(1) 数据源: 系统构建了一个覆盖供应链全链条的多源异构数据集成体系。灵活接入来自企业资源计划(ERP)、电力招投标平台(ECP)、合同管理系统、仓储管理系统及项目管理系统等多个核心业务系统的数据, 打破传统管理模式下的“信息孤岛”, 共同构成了系统进行深度分析与风险识别的原始素材 [10]。

(2) 数据处理: 本系统遵循一套标准化的数据治理与加工流程, 以确保数据质量并挖掘其内在价值。首先, 系统通过数据接口将从各业务系统采集的分散数据汇聚到统一的数据仓库中。在此过程中, 执行严格的数据清洗任务, 包括处理缺值数据的补全与插值、修正明显的记录误差, 并对数据进行初步的标准化处理, 确保其符合“数字浙电”数据规范, 为后续分析奠定高质量的数据基础。其次, 清洗后的数据根据业务主题进行整合与关联, 构建起面向分析的数据模型。

(3) 数据服务: 基于构建好的数据模型, 系统调用预设的风险预警规则进行批量计算。一旦数据记录触发了某条或多条风险规则, 系统便会自动对其进行异常标记, 并将其归类到相应的风险场景中。这个过程实现了从海量数据到可疑风险点的初步筛选与聚焦。最后, 经过深度加工、蕴含风险标签的数据, 被封装成标准化的数据服务或 API 接口, 提供给上层的业务服务层与可视化看板。

3.3. 核心风险模型设计

3.3.1. 电商异常选购模型

电商异常选购模型旨在对电商化采购业务进行实时、自动化的合规性与合理性监督。该模型聚焦于采购前端环节，通过预设的多维度风险规则，对采购订单数据进行扫描与研判，旨在及时发现人为操纵、规避监管或可能带来经济损失的异常采购行为，从而提升采购透明度，防范廉政风险。

- (1) 非工作时间选购模块：该功能模块旨在自动识别并预警发生在非工作时间的异常采购行为，以防范因人为规避监管可能带来的采购风险与合规问题。
- (2) 请购收货间隔过短模块：该功能模块旨在自动识别并预警从采购申请创建到实物收货之间时间周期异常短暂的业务情形，以防范虚假交易或单据补录等供应链风险。
- (3) 大额物资选购模块：该功能模块旨在自动识别并预警单日单品类物资采购金额过高且占比异常的集中采购行为，以防范通过化整为零、规避监管的大额采购风险。
- (4) 选购份额比例异常模块：该功能模块旨在自动识别并预警对特定供应商或物料品类的采购份额显著偏离正常水平的异常情形，以防范供应链过度集中可能带来的断供风险或潜在不公。
- (5) 年底集中选购异常模块：该功能模块旨在自动识别并预警在年底时段对特定物资品类的采购金额骤然激增的异常情形，以防范“预算耗尽”心理下的突击采购行为，确保预算执行的均衡与合规。

3.3.2. 虚假出入库模型

虚假出入库模型旨在对电网物资的仓储与物流环节进行实时、自动化的真实性与合规性监督。该模型聚焦于物资的实物流转与信息记录过程，通过预设的多维度风险规则，对出入库单据、监造报告、项目投运等信息进行交叉验证与逻辑研判，旨在及时发现虚构业务、违规操作或可能造成资产损失与账实不符的异常出入库行为，从而保障库存物资的真实可靠与规范流转。

- (1) 订单生效与收货间隔过短模块：该功能模块旨在自动识别并预警采购订单生效后极短时间内即完成实物收货的异常业务情形，以防范补录单据、虚假履约或违反合理物流周期的供应链风险。
- (2) 入库时间早于监造完成时间模块：该功能模块旨在自动识别并预警物资实际入库时间早于第三方监造报告出具时间的逻辑异常情形，以防范未经质量检验的物资违规入库所带来的安全与质量风险。
- (3) 实体库短期集中出入库模块：该功能模块旨在自动识别并预警同一物资在实体仓库中入库后极短时间内又被领用出库的异常流转情形，以防范虚构库存流转、套取资金或规避监管的“空转”行为。
- (4) 项目投运后出入库模块：该功能模块旨在自动识别并预警在工程项目已正式投运后，仍为该项目的物资办理出入库业务的逻辑异常情形，以防范项目成本虚增、物资挪用或补录遗留单据的合规性风险。
- (5) 长期未支付到货款模块：该功能模块旨在自动识别并预警物资已完成收货确认但长期未办理支付结算的异常业务情形，以防范因虚假收货导致的资金支付风险，以及因纠纷或管理疏漏导致的应付款项逾期问题。

3.3.3. 应招未招模型

应招未招模型旨在对工程项目招标采购的全流程进行实时、自动化的合规性监督。该模型聚焦于招标程序的关键节点，通过预设的多维度风险规则，对项目计划、采购方式、合同签订、中标结果及支付记录等多源数据进行关联分析与逻辑研判，旨在及时发现规避招标、程序倒置等违反国家电网招标管理规定的违规行为，从而保障招标采购过程的公正、透明与合规。

- (1) 化整为零规避招标模块：该功能模块旨在自动识别并预警通过将同一项目拆分为多个子项，使各子项金额低于招标限额而项目总金额超出限额的异常情形，以防范有意规避公开招标程序的违规风险。
- (2) 实际支付日期早于合同签订日期模块：该功能模块旨在自动识别并预警款项的实际支付日期早

于合同签订(或生效)日期的资金逻辑异常情形,以防范违反“先签约,后付款”基本财务原则及可能存在的资金安全风险。

(3) 合同生效早于中标结果模块: 该功能模块旨在自动识别并预警合同生效时间早于中标结果正式公布时间的程序逻辑异常情形, 以防范未定标先签约、违反招投标法定流程的严重程序违规风险。

(4) 已订立合同无中标结果模块: 该功能模块旨在自动识别并预警在经法系统中已订立且订立方式非“直接订立”的合同, 在 ECP 平台无法匹配到对应中标结果的业务情形, 以防范合同来源不清、未经招标程序擅自订立合同的违规风险。

(5) 实际支付日期与合同签订日期间隔较短模块: 该功能模块旨在自动识别并预警合同签订后极短时间内(如 3 天内)即完成支付的异常业务情形, 以防范合同履行过程缺失、预付资金管理不规范以及潜在的合规性风险。

(6) 基建项目开工时间与投产时间间隔较短模块: 该功能模块旨在自动识别并预警基建类项目从实际开工到正式投产之间的时间周期异常短暂的业务情形, 以防范违反合理施工周期、盲目压缩工期可能带来的工程质量与安全风险。

(7) 开工时间早于中标结果时间模块: 该功能模块旨在自动识别并预警项目实际开工时间早于该项目最早一个标段的中标结果回传时间的程序逻辑异常情形, 以防范“未定标先开工”这一严重违反招投标法律法规的违规风险。

4. 应用效果

4.1. 风险识别效率提升

系统上线运行后, 在风险识别效率方面取得了显著提升。传统模式下, 依赖人工逐条核对与经验判断的风险筛查方式, 不仅流程繁琐、耗时耗力, 且易因主观疏忽或数据更新延迟导致风险漏报、误报。基于 BI 的智慧供应链可视化系统通过构建电商异常选购、虚假出入库、应招未招三大核心风险监测模型, 实现了对供应链全流程数据的自动化扫描与智能化研判。系统每日自动对海量业务数据进行规则匹配与交叉验证, 能够在数分钟内完成以往需数人日才能完成的风险初筛任务。系统支持多模型交叉验证, 进一步提高了复杂隐蔽风险的发现能力。建立可视化系统不仅显著节约了人力资源, 更将风险管理由事后追溯向事中干预与事前预警推进, 全面增强了供应链的韧性与安全可控水平。

4.2. 业务合规性增强

系统的建成投运从根本上改变了以往依赖人工记忆与事后抽查的被动合规管理模式, 通过将公司内部的各项物资管理规章、招标采购流程规范具象化为一系列可执行、可校验的数字化业务规则, 并内嵌于三大风险监测模型之中, 实现了对供应链关键业务环节的全天候、自动化合规性审计。这种“规则入系统、监测自动化”的机制, 使得合规要求从抽象的文本条款转变为系统运行的底层逻辑, 任何业务操作一旦触犯预设的红线, 系统便会实时捕捉并发出预警, 从而在源头上有效遏制了违规行为的产生与蔓延。不仅将招标合规监管从事后追究前置到事中甚至事前, 更在全体员工中树立了“流程不可逆、规则不可违”的严谨意识, 潜移默化地培育了依法治企、合规经营的廉洁文化。

4.3. 管理决策支持

智慧供应链可视化系统实现了从传统的、基于局部经验和零散报表的决策模式, 向全局化、数据驱动和前瞻性决策的根本性转变。系统通过构建覆盖供应链核心环节的“总览 - 明细 - 预警”三级可视化看板体系, 将海量、复杂的业务数据提炼为层次清晰、指向明确的决策信息, 为不同层级的管理者提供

了前所未有的洞察力。对于战略决策层而言,系统总览看板以驾驶舱的形式,集中呈现物资周转效率、库存压降进度、供应商整体绩效以及风险分布态势等关键战略指标,使管理者能够快速把握供应链整体健康度与发展趋势,为资源宏观配置与战略规划提供了直观依据。

5. 研究结论

本文围绕国家电网智慧供应链建设的实际需求,设计并研究了一套基于商业智能(BI)的现代智慧供应链可视化系统。研究表明,通过构建涵盖数据采集、处理与业务服务的三层总体架构,并深度融合电商异常选购、虚假出入库及应招未招三大核心风险监测模型,该系统能够有效整合多源异构数据,将抽象的供应链管理规则转化为可执行、可校验的数字化逻辑。

本研究的实践表明,以BI技术为核心,以风险管理为切入点,构建集数据整合、智能分析与可视化呈现于一体的智慧供应链系统,是破解传统管理困境、提升供应链韧性与运营效率的有效路径。该系统设计思路与实现方法,对于同类型大型能源企业的供应链数字化转型与智能化升级,具有一定的参考与借鉴价值。未来,随着人工智能与大数据技术的进一步发展,如何在模型中引入更先进的预测性分析与自适应学习能力,以进一步提升系统的智能化水平与主动预警能力,将是下一步重点研究的方向。

参考文献

- [1] 尹习双. 基于虚拟现实的水利水电工程施工动态仿真可视化研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [2] 黄智冠. 多媒体介入当代景观的研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [3] 陈纯. 智能工厂数字化看板系统的设计[J]. 今日制造与升级, 2025(1): 70-73.
- [4] 孙丰杨, 张梓媛. 浅议电力企业如何借助智慧供应链优化物资管理[J]. 中国能源发展, 2025(20): 107-108.
- [5] 刘光. 关于电力企业销售的智慧供应链优化物资采购管理的思考[J]. 中国物流与采购, 2024(18): 102-103.
- [6] 卢浩博. 提高国家能源集团物资采购合规性及效率的战略措施与路径研究[J]. 中国市场, 2023(13): 189-192.
- [7] 康超, 许治旗. 智能电网电力设备健康评估与风险预警方法研究[J]. 光源与照明, 2025(8): 92-94.
- [8] 刘衍琦, 杨翰琨, 杨昌玉, 等. 基于数据变换与模型集成的电力需求预测[J]. 电子技术应用, 2025, 51(9): 18-23.
- [9] 吴越人, 喻铮. 基于人工智能技术优化物资计划审查合规性[J]. 信息化建设, 2022(5): 63-64.
- [10] 朱利忠, 张展, 窦瑜, 等. 基于Quick BI融合看板的数字化供电所管理系统[J]. 农村电气化, 2024(7): 58-61.