[电力物联网]

# 基于流程挖掘的电力物联网供应链合规管控技术

文/李尤
国网信息通信产业集团有限公司

*随着物联网和发展，电力物联网由业务驱动向数据驱动转变，一方面紧扣供应链业务数据化要求，另一方面可充分利用流程挖掘技术驱动业务流程改进调优。流程挖掘聚焦电力物联网物资供应链业务的执行时效性、合规性及合理性问题，以供应链业务执行全流程为视角，依托供应链业务流程数据为基础，采用大数据算法和可视化技术，仿真流程执行的过程，发现流程执行的合理和合规性。对于流程执行的原因进行分析，通过人工智能算法给出流程执行影响因素，通过服务化方式为打造现代智慧供应链提供技术支撑。*

配电物联网项目关乎国计民生，但目前配电网项目供应链运营中，仍存在业务流程不透明、难分析、监控不足和优化难持续等问题，需要基于计划域、采购域、质监域、物流和订单域等全链路数据及供应链业务流相关信息，进行专业化流程挖掘、分析、预警和监控，持续以“合规管控”为抓手，从发现问题、分析问题和解决问题中实现流程的持续优化[1-2]。因此，对电力物联网项目供应链开展端到端流程可视化，从流程角度分析交货期偏差、供应链完成情况等业务指标，从而实现快速识别真实业务异动监测，有效辨别绕行、倒转等业务合规性问题是十分必要的[3-4]。

随着国家电网公司智慧供应链建设推进与实用化要求，已初步建成“e链国网”为门户，以电子商务（ECP）、企业管理系统（ERP）、电工装备智慧物联平台（EIP）、电力物流服务平台（ELP）、“e物资”移动应用和供应链运营中心（ESC）的“五E一中心”为供应链平台支撑，其中梳理并推广了64个应用场景，覆盖供应链各个专业，实现省市县各层级、前后端各个环节的贯通。

物资智慧供应链的建设很好地支撑了物资供应服务，为数字化转型奠定了坚实的基础，同时基于“5E一中心”的支撑平台积累了大量的内外部数据，具备数据分析和挖掘的基础。公司配电网项目供应链运营场景存在流程不透明、效率低下、冗余节点和监控能力不足等问题，需要基于计划域、采购域、质监域、物流和订单域等数据，集成供应链业务流信息、现场实物流信息以及建设、运检和财务等相关专业业务信息，进行专业化分析，以提高物资专业决策分析能力，开展基于自动化业务处理的流程挖掘分析，为后续业务运营决策提供依据。围绕低压业扩工程物资采购供应管理，根据低压业扩工程物资需求特点，通过梳理构建统一的标准低压业扩工程典型物资清册，优化协议库存采购供应方式，简化业务开展流程，实现低压业扩工程物资供应链全过程管理提质增效，助力优化营商环境。

智慧供应链作为电网企业中支撑资产建设、业务拓展的重要环节，其运营效率将直接影响企业创造价值的可持续性及效率[5-7]。目前智慧供应链支撑平台包含了成熟套装软件、自开发系统、移动应用和辅助工具等多个异构系统，各个系统之间数据结构不统一、标准不一致，需要进一步梳理数据，强

化分析能力，通过数字化的流程挖掘与分析，找出管理痛点、业务短板和流程瓶颈。针对不断变化的内外部环境，物资采购供应在业务流程及管理、各个系统平台支撑也需要及时响应和调整，通过借助数字化手段可识别、优化和监控供应运营流程，实现可视化、智能化和可评估化，对物资运营进行管控。业务流程合规高效是物资专业之本，借助人工智能先进手段及时纠偏核心业务和关键流程，降低合规风险，增强业务效能至关重要。流程挖掘技术作为数据挖掘与业务过程管理之间的桥梁，主要通过流程挖掘系统提取事件日志信息，从而去发现、监控和改进实际业务过程，是当下技术驱动业务提升新方向。目前端到端流程不透明，业务人员对整体流程认识度不够，需要运用流程挖掘技术生成可视化的端到端的流程，帮助业务人员快速、准确认识配电网项目流程。

## 基于流程挖掘的电力物联网物资合规性管控

### 1. 总体思路

基于本地或者云上的ERP、CRM和数据仓库等系统提取流程的事件日志，包含流程挖掘所需要的有价值的输入。其中涉及业务流程的三元组数据（流程标识、流程节点和时间戳）以及需要分析的业务属性（人员组织、金额等）。基于数据利用流程挖掘技术将业务流程透明化。根据可视化流程，分析业务流程中的瓶颈、堵点。基于数据中的业务数据创建关键业务指标，分析流程和业务之间的关联关系，发现影响业务指标的流程因素，并提出流程优化建议（自动化等）。通过建立理想流程模型或者最佳实践，利用流程合规算法分析流程，暴露非期望的偏差，识别流程中违规风险点，确保信息系统和实际业务过程保持良好的合规性。通过组织挖掘，应用大数据分析，找短板、提质效，结合不同项目类型、采购方式的流程与数据差异，自动构建各类业务的标准主流程，深入分析供应链关键环节流程节点、组织人员以及人员之间的关联关系，快速辨别违规绕行及低效行为，促进配电网项目供应链合规高效。AI智能策略推荐，提时效、调策略，精准洞察供应链业务冗余环节和异常流程，对异常业务数据开展根因分析，辅助业务人员定位问题症结，智能推荐优化解决建议，提升供应链全流程时效[8]。

### 2. 技术运用

基于流程挖掘技术，从业务流程系统中提取流程中的相关信息，发现流程模型。兼顾处理结构化流程和非结构化流程，提升综合识别准确性。参数可控噪声处理能力，并增强并行识别算法，避免了Short Loop与Concurrency + Self Loop的混淆。提高了Split、Join识别及其语义识别的准确性和简洁性，针对大量公开测评数据集，筛选综合得分最高（fitness, precision, generalization, complexity）的流程挖掘算法。

流程合规性算法将事件日志中的事件和流程模型中的节点进行关联，并且将二者进行对比，找到建模行为和观察行为之间的差异和共性。事件日志可以在流程模型的基础上重演，以发现不合需求的流程流转或低效的偏差。合规性分析算法能够用来度量流程发现算法的效率，并修复与现实不符的模型。

组织挖掘即关注组织维度。组织挖掘的起点是大多数日志都存在的资源属性，所有完成事件都映射到它们的资源和流程节点属性上。资源的行为可以特征化为一个轮廓，即一个表名资源执行每个活动次数的向量。通过使用轮廓，可以用更多种聚合技术（K-means聚类和层次聚类等）发现相似的资源。在将资源聚类为群组后，可以将这些群组与过程中的活动关联起来。

此外，项目也将研究一些智能化的技术，包括自动数据预处理、自建模训练、参数调优和目标概率数字化（预测）。

1）自动数据预处理。专业数据处理技术选取目标特征。利用K-SIGMA异常检测、线箱图异常检测等技术，针对性地对原始用户数据进行归一化处理、降维、数据衍生和字段删除等操作，并对特征属性利用卡方检验等进行重要性筛选及打分，最终输出模型最佳特征字段。

2）自动建模训练。改进TPOT和Dask框架搭建自动化分布式建模体系输出最优模型，再采用多种分类、回归等算法进行机器学习。在分布式训练模型的基础上，使用遗传算法自动评估各类模型的效果，并比较选取最优模型算法。

3）自动调参优化。采用贝叶斯优化算法进行模

型自动调参。基于贝叶斯优化算法，建立了一套用于生成目标函数的超参数自动调优算法，找到目标函数的最佳超参数；构建一套分片式计算引擎，避免贝叶斯串行计算方法的劣势，有效提升贝叶斯自动调参算法的探索效率，得到超参数最佳组合。

4）目标概率数字化。实现客户群规模在线动态调整。平台通过模型挖掘后计算出所有用户目标分值，通过分值即可推算既定目标概率值下的用户数量，匹配资源确定最佳目标群规模，实现根据给定的资源自动适配最合适的目标用户群规模，达到最大化利用营销资源的效果。

3. 实施步骤

1）业务场景调研。根据项目实施范围，梳理业务场景相关的实际业务流程、线上流程以及相关的系统应用情况，以此确定数据抽取的系统、字段和频次等。

2）数据准备与抽取。结合调研情况，制定数据抽取的方式和规则。

3）分析与挖掘。通过收集的数据，结合实际业务流程，制定数据分析模型，分析各个场景的使用情况。

4）报告总结。根据数据分析结果，挖掘出业务流程的线上管控缺失环节、业务痛点及管理短板，能分析出具备流程自动化及AI应用的业务节点特征，并提供优化改进建议。

4. 预期成效

1）增强全面感知发现流程问题的能力。以现有系统真实数据为基础，通过多维流程分析，及时感知和发现流程过程出现的效率、违规等问题。

2）提高工程物资供应时效性与可靠性。通过流程挖掘与智能分析，形成冗余环节精简、断点数据贯通等优化建议，助力提升供应链管理合规性与时效性，助力工程项目提前投运与安全稳定运行，促进营商环境不断优化。

3）提升公司供应链管理智能化水平。以数据为核心开展智能流程优化，推动国家电网公司重点工程及关键业务的精益智慧管控，降低物资专业开展供应链流程管理的人员投入，极大地减少精益生产人力成本。

4）形成赋能数字化运营的飞轮效应。以超级自动化闭环视角，通过流程挖掘来观察发现业务流程中的瓶颈，进而通过流程智能中的仿真功能（资源、路径和算法等方式）来选择和评估流程优化的机会，加快数字化转型。

## 方案设计

方案主要将某市物资供应流程透明可视化呈现，并对供应流程响应的效率、准确及合规进行数据挖掘与分析，具体包括流程耗时、发货不及时、交货期偏差和供应完成情况4个指标及流程路径分析。采集从2017年1月—2021年8月系统事件日志，梳理并形成满足本次流程挖掘需求的数据源，共223 594条到货需求计划。其中，2019年9月数据最多，达到14 151条。经分析得出，耗时中位数2.1天，平均耗时44.5天，最大耗时1 533天。

1. 业务流程可视化

“流程挖掘”利用“数字足迹”即业务系统中捉取的实际运行事件日志，按照“业务流程还原”的过程，以可视化流程图形式呈现真实的业务流程。解决业务流程不透明、难分析的难题，向业务人员、企业决策者直观展现流程路径、用时及相关指标，助力分析辅助决策。

2. 流程耗时

按照面-线-点分析思路，通过对流程耗时分析，发现项目单位DQ08，DQ09数量较多，耗时较长。其中，“到货需求创建”和“到货需求协同”两个环节总耗时较长，导致DQ08，DQ09整体流程平均耗时较长，是流程优化的重点环节。进一步分析，发现三位项目经理平均耗时高于其他人员，需要通过提升业务水平，提高工作效率，促进整体供应效率提升。

3. 发货不及时

按照业务规定发货人签字时间和收货人签字不相同即属于发货不及时情况，会对后续工作的有序开展造成影响。对比发货人签字时间和收货人签字不相同及发货不及时情况，得到739条数据。其中，项目单位DQ13，DQ09，DQ12发货不及时情况较多，共289条数据，且可以查看到发货不及时的项目经理数据排名。

4. 交货期偏差

按照业务规定发货通知单交货日期和实际收货日期的偏差超过30天的流程数量即存在交货期偏差

情况，按照此规则筛选，得到1 100条数据。其中，项目单位DQ03，DQ18，DQ20交货期偏差流程数量较多，共得到74条数据。同时，在分析中发现信息系统数据质量问题，即发货通知书有进行修改，计划交货期信息未更新，导致数据错误。对此，建议完善公司数字治理机制，并保证严格执行，避免因数据质量问题增加决策风险。

5. 供应完成情况

供应完成情况是供应准确的重要指标之一。从项目单位维度来看，DQ20完成较高为112.7%；DQ08为98%，完成情况有所偏差。从完成偏差维度可以进一步查看存在多大偏差。

6. 路径分析

通过对案例平均耗时最长的DQ06流转路径进行分析，发现L交接验收收货人签字耗时263.6天，且在M系统收货后，存在违规。同时，不及时更新验收发货签字信息，为领导决策提供及时准确的信息，可能会导致工作延期或是判断错误等严重问题。

通过流程对比分析发现，流转路径对流程指标的影响。项目单位DQ13、DQ20，2021年流转情况，发现DQ13平均耗时比DQ20多两倍，两个单位流转不同主要是在“G供应计划撮合完成”环节，此环节是重点优化对象。

## 结束语

总之，通过供应链流程分析与挖掘，有利于供应链由传统运营模式向敏捷化、智能化的运营方式进行转变，进一步提高公司的竞争优势，提高供应链整体运行质量和运行效率，提升物资供应领域的降本增效能力。协助链接公司数字化转型战略与实际运行情况对比分析，以真实数据支撑公司快速转型落地；通过建立“基于模型的流程分析”和“面向数据的分析技术”之间的链接，及时挖掘和分析流程运行中的各类缺陷和管理短板，进一步提高公司物资供应链的流程标准管控水平。EA

（收稿日期：2024-02-28）

### 参考文献

[1] 马宇彤．基于泛在电力物联网理念提升物资管理水平[J]．科技经济导刊，2019(17)：1．

[2] 胡永焕，陈之浩，洪芳华，等．面向电力物联网的智慧供应链自适应运营决策技术及优化算法模型应用研究[J]．现代管理，2020，10(6)：7．

[3] 殷锐，张予川，魏本有．电网物资供应商的评价与选择及其软件设计[J]．物流科技，2008，31(9)：3．

[4] 董元龙，林明晖，岳衡，等．基于数字控制塔的电网物资供应链战略运营转型[J]．物流技术，2023，42(3)：130-134．

[5] 王骊，胡晓哲．基于大数据分析的电网物资供应链风险识别与监控研究[J]．现代管理，2023，13(5)：634-641．

[6] 李晨曦．基于大数据分析下的电网物资供应导期优化[J]．科学与信息化，2021，000(002)：P．18-18．

[7] 张国英，刘阳，陆英．基于主动服务的农村电网工程物资供应模式优化研究[J]．物流工程与管理，2016，38(6)：2．

[8] 马天舒，杨洽．电网企业物资供应链管理研究[J]．企业管理20，16(S2)：2．