

# 工业用户电量异常波动的合规审查逻辑与风险识别路径

汪 君

国网六安供电公司 安徽 六安 237005

**摘要:** 工业用户作为电力消费的主力军,其用电行为的合规性直接关系到电网安全、市场公平与国家政策的有效执行。电量异常波动作为工业用户潜在违规或风险的重要信号,其背后可能隐藏着窃电、设备故障、生产计划突变乃至高耗能产业违规扩张等复杂问题。本文旨在构建一套系统化、智能化的工业用户电量异常波动合规审查逻辑与风险识别路径。通过深入剖析异常波动的多维成因,设计“监测-诊断-研判-处置”的闭环审查逻辑,并融合数据驱动与规则驱动的方法,提出涵盖窃电风险、能效合规风险、电价政策执行风险及电网安全风险的综合识别路径。研究旨在为电网企业提供一套可操作、可落地的风险防控框架,提升电力市场监管效能,保障电力系统的安全、稳定、经济运行。

**关键词:** 工业用户; 电量异常波动; 合规审查; 风险识别; 窃电检测; 能效监管

## 引言

电力是工业命脉,工业用户用电行为是宏观经济、产业结构及能源政策的微观体现。智能电表普及与电力大数据发展,让电网企业积累了海量用户用电数据,为实时精准监控工业用户用电行为提供技术支撑。但数据价值在于洞察,如何从用电曲线中甄别出有合规风险的“异常波动”并科学处置,是电网运营与市场监管的核心挑战。传统电量异常核查依赖人工经验或简单阈值告警,面对工业用户复杂生产模式,易产生大量误报和漏报,正常生产调整可能被误判,窃电等违规行为可能漏网。因此,需构建融合业务规则与数据智能的合规审查体系,区分“良性波动”与“风险波动”,提供差异化识别与处置建议。本文将系统阐述工业用户电量异常波动的合规审查逻辑与风险识别路径,为电网企业风险防控提供支撑与指导。

## 1 工业用户电量异常波动的多维成因分析

### 1.1 正常生产活动引发的波动

这是最常见且无风险的波动类型。企业会根据市场需求、订单周期或产品结构调整,主动安排生产线的启停、扩产或减产,例如汽车制造厂在新车型上市前会进行产能爬坡,导致电量逐日攀升。此外,定期的设备大修、技术改造或预防性维护会导致部分或全部生产线暂时停工,造成电量骤降。某些行业还具有明显的季节性特征,如制糖业在甘蔗收获季满负荷生产,其余时间则处于半停产状态;空调、冰箱等家电制造业在夏季和冬季前有生产高峰。同时,研发阶段的新产品试制或新工艺验证,其能耗模式与成熟产品存在显著差异,也会表现为不规则的电量波动。

### 1.2 非主观意愿的外部冲击

这类波动源于企业无法控制的外部环境变化。关键原材料短缺、物流受阻等供应链中断问题会直接导致生产停滞,电量随之下降;下游市场需求的突然萎缩也会迫使企业被动减产或停产。极端天气与自然灾害,如高温、寒潮、洪水、地震等,不仅可能直接破坏供电设施,也可能迫使企业临时停产避险。此外,为应对重污染天气或完成节能减排目标,地方政府可能对特定行业(如钢铁、水泥、化工)下达临时性的限产指令,这种政策性限产或停产同样会在电量数据上形成明显的异常信号。

### 1.3 潜在违规与风险行为

这是电量异常波动最具危害性的成因。窃电行为通过绕越计量装置、篡改接线、使用强磁干扰等方式非法获取电能,其典型特征包括电量大突然大幅下降后长期维持低位、电压或电流不平衡、功率因数异常等。高耗能项目违规建设与投产,则是在未取得合法能评批复或未落实能耗替代方案的情况下,擅自新建、扩建高耗能项目,这类项目的投产往往伴随着电量的阶梯式、不可逆增长,且与企业的历史产能和官方备案信息严重不符<sup>[1]</sup>。电价政策套利行为利用分时电价、两部制电价等政策,通过不正当手段规避基本电费或在低谷时段进行非生产性用电(如为他人提供充电服务),其用电负荷曲线会呈现出与生产工艺不匹配的“削峰填谷”或“虚假负荷”特征。能效水平不达标虽然不一定伴随剧烈的短期波动,但长期来看,其电量增长与产值增长严重脱钩,表现为单位产品能耗远高于国家或地方强制性能耗限额标准,能效指标持续恶化。

## 2 合规审查的核心逻辑：构建“监测-诊断-研判-处置”闭环

### 2.1 精准化、场景化的异常监测

这是整个流程的起点，目标是从海量数据中高效、准确地筛选出真正值得关注的“嫌疑对象”。为此，必须摒弃“一刀切”的固定百分比告警，转而采用基于用户自身历史用电模式的动态基线。可以利用时间序列模型（如SARIMA、Prophet）或机器学习模型（如LSTM）预测用户在当前日期、天气、工作日类型下的预期用电量，并计算实际值与预测值的偏差（Z-score或MAPE），只有当偏差超过基于历史波动率自适应设定的动态阈值时，才触发告警。同时，单一电量指标信息有限，应同步监测电压、电流、功率因数、谐波含量、三相不平衡度等电气参数，因为窃电等违规行为常伴随这些参数的物理异常。此外，将用电数据与外部数据源进行融合至关重要，例如接入气象数据可判断电量下降是否由极端天气导致，关联工商注册信息、项目审批信息可核实企业是否有新增产能的合法依据，甚至可以利用卫星遥感或无人机影像辅助判断厂区是否存在未报备的大型建筑或设备。

### 2.2 多因子、深层次的异常诊断

一旦监测到异常，需深入探究其根本原因，区分是“正常波动”还是“风险信号”。这一过程首先需要为每个工业用户构建详细的数字画像，包含行业类别、生产班制、主要产品、历史能效水平、合同容量、电价类别等静态标签，以及近期生产计划、检修安排等动态信息，从而将异常波动置于该用户的具体画像背景下进行解读。在此基础上，可利用聚类算法对历史异常事件进行分类，形成不同的“异常模式库”，当新异常发生时，通过相似性度量将其与模式库匹配，快速定位可能的原因<sup>[2]</sup>。例如，若匹配到“设备检修模式”或“季节性停产模式”，则风险等级较低；若匹配到“疑似窃电模式”或“未知突增模式”，则需高度警惕。同时，应嵌入领域专家知识，形成一系列诊断规则，如“若电量下降50%以上，且同时出现A相电压为0，则标记为‘高概率失压窃电’”，或“若电量连续7天增长超20%，且用户行业为电解铝，但无任何新增项目备案记录，则标记为‘高耗能项目违规风险’”。

### 2.3 分级化、差异化的风险研判

诊断结果需转化为可操作的风险评估，以便分配有限的稽查资源。为此，可设计一个多维度的风险评分卡模型，评分项包括异常幅度、异常持续时间、关联电气参数异常程度、用户信用历史（过往是否有违约、窃电

记录）、行业风险系数（高耗能行业权重更高）、与外部信息的冲突程度等，各项赋予权重后计算得出综合风险分值。根据该分值，将异常事件划分为高、中、低不同等级：高等级风险（如明确的窃电迹象、大规模违规产能）需立即启动现场稽查；中等级风险（如原因不明的大幅波动）可先通过电话回访、远程数据复核等方式进行初步核实；低等级风险（如与已知检修计划吻合的波动）可自动归档，无需人工干预。值得注意的是，风险等级并非一成不变，随着更多信息的获取（如用户反馈、现场初查结果），系统应能动态更新风险评分，确保处置措施的精准性。

### 2.4 闭环化、协同化的风险处置

审查的最终目的是消除风险、纠正违规。根据风险等级，系统应能自动生成并派发相应的处置工单，高风险工单直达稽查班组，并附带详细的异常分析报告和初步证据；中低风险工单可流转至客户经理进行沟通核实。同时，需建立工单全生命周期管理系统，跟踪处置进度、核实结果、处理措施（如追补电费、处罚、要求整改等）及最终闭环状态。尤为重要的是，应将每次处置的最终结论（无论是否确认违规）作为新的训练样本，反馈给监测、诊断和研判模型，用于持续优化算法的准确性和泛化能力，从而形成“实践-学习-优化”的正向循环，不断提升整个审查体系的智能化水平。

## 3 核心风险识别路径设计

基于上述审查逻辑，可针对几类最主要的合规风险，设计具体的识别路径。

### 3.1 路径一：窃电风险识别路径

首先，在初级筛查阶段，系统应监测日或小时电量是否出现突降（如环比下降超过30%），且无报停、检修等工单记录作为合理解释。进入深度诊断环节，需重点检查同期的电压、电流数据，查看是否存在失压（某相电压接近0）、失流（某相电流为0但其他相正常）或断相等典型窃电特征；同时分析功率因数和谐波，因为窃电手段常导致功率因数异常偏低或谐波畸变率超标；此外，若该用户所在台区的线损率同步出现异常升高，则窃电的可能性将大大增加。在风险研判阶段，应结合上述电气特征的严重程度、用户的历史信用记录等因素，给出高、中、低窃电嫌疑评级<sup>[3]</sup>。最终，在处置建议上，对高嫌疑用户应立即安排夜间或节假日突击检查以提高查获率，而对中嫌疑用户则可先进行重点监控，积累更多证据后再行处置。

3.2 路径二：能效合规与高耗能项目违规风险识别路径

此路径服务于国家“双碳”战略，关注的是电量增长的“合法性”与“合理性”。初级筛查聚焦于监测月度或季度电量是否呈现持续、显著的增长趋势（如连续3个月环比增长超过15%），或年用电量同比增幅是否远超行业平均水平。在深度诊断阶段，首先进行能效对标，计算用户单位产值电耗或单位产品电耗，并与国家或地方发布的强制性能耗限额标准进行对比；其次进行产能核实，将电量增长推算出的理论产能与企业工信、发改等部门备案的核准或备案产能进行比对，若理论产能远超备案产能，则存在违规扩产的嫌疑；最后进行项目追溯，查询该用户近期是否有新增固定资产投资项目获得能评批复，若无，则其电量激增缺乏合法依据。风险研判环节，若存在能效超标或产能与项目信息严重不符的情况，则应标记为高能合规风险。处置建议方面，应联合政府节能监察机构进行现场核查，核实实际生产设备、工艺和产量，并依法依规处理。

### 3.3 路径三：电价政策执行风险识别路径

此路径旨在维护电价政策的严肃性和市场公平。初级筛查针对执行两部制电价的用户，监测其月度最大需求是否长期远低于变压器容量的40%，这可能意味着用户在通过“大马拉小车”的方式规避基本电费；对于执行分时电价的用户，则监测其负荷曲线是否在尖峰时段异常低谷、低谷时段异常高峰，且这种模式与已知的生产工艺节拍明显不符<sup>[4]</sup>。在深度诊断环节，可通过负荷曲线聚类分析，识别出“非生产性负荷”模式，例如在深夜低谷时段出现稳定的、与白天生产无关的大功率负荷，可能暗示用户在进行对外经营性活动（如运营数据中心或充电桩）；同时，分析用户实际用电负荷与合同约定容量的匹配度，判断是否存在私自增容未报或私自改变用电性质的行为。根据负荷曲线异常程度及规避电费金额的估算，评定风险等级。对确认违规的用户，处置建议包括按规追补电费差额，并要求其办理正式的用电变更手续。

### 3.4 路径四：电网安全与电能质量风险识别路径

工业用户的异常用电（如大型冲击性负荷、谐波源）可能危及电网安全。初级筛查应关注用户侧电压闪

变、谐波含量（THD）或负序电流等电能质量指标是否频繁越限。进入深度诊断，需进行源-网关联分析，将用户侧的电能质量问题与同一馈线上其他用户的投诉或设备跳闸事件进行时空关联，以确认其影响范围；同时，结合用户生产日志，判断电能质量问题是否由特定大型设备（如电弧炉、轧钢机）的启停所引起。在风险研判阶段，应综合评估该用户对配电网安全稳定运行的威胁程度。处置建议主要是向用户下发《电能质量整改通知书》，要求其加装相应的治理装置（如SVC、APF），并加强对该用户的运行监控，防止问题复发。

## 4 结语

工业用户电量异常波动是洞察其合规状况的关键窗口。面对日益复杂的用电场景和隐蔽的违规手段，传统的、粗放式的审查模式已难以为继。本文提出的“监测-诊断-研判-处置”四阶闭环审查逻辑，以及针对窃电、能效合规、电价执行、电网安全四大核心风险的识别路径，为构建现代化的电力合规监管体系提供了系统性解决方案。该体系的核心在于“智能”与“协同”：以数据智能实现从“大海捞针”到“精准制导”的转变，以跨专业、跨部门的协同打破信息孤岛，形成监管闭环。未来，随着物联网、数字孪生等技术的进一步融入，对工业用户用电行为的感知将更加立体和实时，合规审查的预见性和主动性也将得到极大增强。电网企业应积极拥抱这一变革，将合规审查从成本中心转变为价值中心，为构建安全、绿色、高效、公平的新型电力系统保驾护航。

## 参考文献

- [1]何妍妍,赵志扬,程叙鹏,等.电力现货市场中用户电量异常数据辨识方法研究[J].自动化应用,2024,65(10):229-231.
- [2]赵鑫,霍振星,王敏鑫.一起反向电量异常典型案例分析[J].农村电工,2024,32(11):52.
- [3]殷晓哲.整合智能化技术手段精准管控电量电价波动风险[J].中国商界,2025,(05):48-49.
- [4]杨婧,石云辉,卢启芳.基于数据挖掘的电量异常数据智能识别方法研究[J].自动化仪表,2023,44(11):64-68.