

大工业用户功率因数偏低原因分析及改进措施

郝冬冬 王 婷

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘 要】：针对 10kV 高供高计大工业用户普遍存在功率因数偏低、无功考核不达标、用电成本增加的问题，本文结合现行两部制电价与功率因数考核标准，系统梳理功率因数偏低的各类成因，从变压器配置、无功补偿模式、设备控制结构三方面制定专项整改方案，并构建设备运维、认知引导、数据监测相结合的常态化管控体系。通过差异化选用欠补偿与过补偿策略、优化设备安装及采样结构，有效消除高压侧无功损耗，实现功率因数稳定达标。相关技术方案与管控模式可为同类大工业用户开展无功治理提供实操参考。

【关键词】：大工业用户；功率因数；无功补偿；高供高计；用电管控

DOI:10.12417/3083-5526.25.11.002

随着工业生产规模持续扩大，10kV 配电网内大工业用户数量不断增多，阻感类用电负荷占比持续攀升，电网无功失衡问题日渐突出。高供高计作为高压工业用户主流计量方式，变压器轻载运行、高压回路无功损耗等问题，极易造成功率因数不达标。结合国内现行两部制电价制度，功率因数不达标会产生额外力调电费，大幅增加企业用电开支，同时也会干扰区域电网电压稳定与电能传输效率。基于配电现场实际工况开展无功治理研究，剖析功率因数异常的内在诱因，配套完善技术整改手段与长效管控机制，对兼顾企业经济效益与配电网安全运行具备重要现实意义。

1 剖析功率因数偏低的各类诱因

大工业用户普遍配置大容量变压器设备，部分设备选型未结合实际生产负荷，长期处于轻载运行状态，设备本体持续产生大量感性无功损耗，直接拉高整体无功电量占比。高供高计计量模式下，计量范围覆盖变压器、高压计量互感器以及低压用电设备，传统低压侧无功补偿装置仅针对末端用电负荷发挥作用，无法抵消高压环节产生的无功消耗，计量关口依旧统计大量无功缺额。现场安装的无功补偿设备采样信号取自低压回路，设备投切状态无法跟随高压侧负荷变化自动调节，负荷波动时段难以同步输出匹配的补偿容量^[1]。电网中各类感性用电设备不断增加，用电负荷整体呈现明显的阻感特性，运行过程中持续消耗无功功率。部分厂区无功补偿设备长期缺乏检修养护，内部元器件出现老化、卡滞等故障，装置投切功能失效，补偿容量无法正常输出。行业长期沿用的低压欠补偿运行模式，在面对轻载工况时补偿容量存在固有缺口，难以满足高压侧无功平衡的实际需求。

2 实施功率因数提升的整改方案

2.1 优化变压器容量配置杜绝轻载损耗

结合厂区长期运行负荷曲线开展负荷实测与容量校核工作，依据生产班次、用电峰谷变化判定变压器实际承载能力，对额定容量远超实际负荷的运行设备实施容量更迭。按照实际

最大运行负荷匹配对应规格变压器，消除大容量设备低负荷运转形成的冗余损耗，从设备选型层面削减变压器铁芯与绕组产生的感性无功。容量调整过程中同步完成高压接线、接地系统及配套柜体的适配改造，保证电气连接参数符合配电安全标准。该类容量匹配方式可形成标准化选型依据，为同类型大工业用户变压器配置提供量化参考，有效解决配电网内普遍存在的设备运行效率偏低问题。

2.2 因地制宜选用无功补偿运行模式

结合变压器实时负载率、现场实测无功缺额数值，同步结合电网谐波含量、系统谐振隐患完成用电工况精细化划分。常规负荷运行区间始终沿用成熟的低压就地欠补偿技术，依靠多组电容组分级有序投切，持续平稳输出容性无功功率，从源头规避补偿容量超标引发的电压波动、电网扰动等问题。变压器长期处于低负载率的轻载工况时，先完成全回路系统阻抗精准核算与安全风险综合评估，再切换至过补偿运行模式，借助富余的容性无功全面抵消变压器、高压计量互感器产生的无功损耗^[2]。根据工况动态切换补偿方案的思路，突破传统单一补偿模式的应用短板，构建起工况状态与补偿策略联动运行的完整技术体系，能够为广大 10kV 高供高计用户开展无功综合治理提供可落地、可推广的标准化技术范式。

2.3 完善补偿装置安装与控制结构

对无功补偿装置的信号采集架构进行系统性改造，摒弃仅在低压侧布设采样点的传统模式，把电压、电流采集单元布设至高压计量关口位置，全天候捕捉高压回路各项电气参数，实现数据实时不间断采集。重新编写并优化装置内部逻辑控制程序，将高压侧实测功率因数设定为电容器组投切的核心判定标准，确保补偿动作紧跟高压侧无功功率的动态变化。同步完成计量互感器与二次信号回路的升级改造，有效降低信号传输过程中的损耗与延迟，提升数据精度与设备响应效率，保障补偿单元动作灵敏可靠。这套架构与控制系统优化方案，彻底填补了传统低压补偿模式的监测空白，进一步完善高供高计场景下的无功调控逻辑，也为同类型高压计量场景下补偿设备的整体

架构设计积累了实用的技术参考。

3 筑牢功率因数达标的管控体系

3.1 常态化开展补偿设备巡检维护工作

按照电力设备运维规范制定周期性巡检流程，对电容组、投切开关、二次回路及传感元件进行逐项状态检测，记录设备运行温度、触头接触状态与电容容量衰减数据。对出现容量偏移、机械卡涩、绝缘老化的部件开展定向检修与部件更换，保障补偿单元可按照控制指令精准完成投切动作。同步完成装置内部除尘、接线紧固与绝缘性能测试工作，降低线路接触电阻与漏电隐患。标准化的运维流程能够延长无功补偿设备使用寿命，维持补偿容量长期稳定输出，形成的成套运维标准可作为同类型配电设备日常管护的技术范本，推动配网无功设备运维工作走向规范化。见图 1。

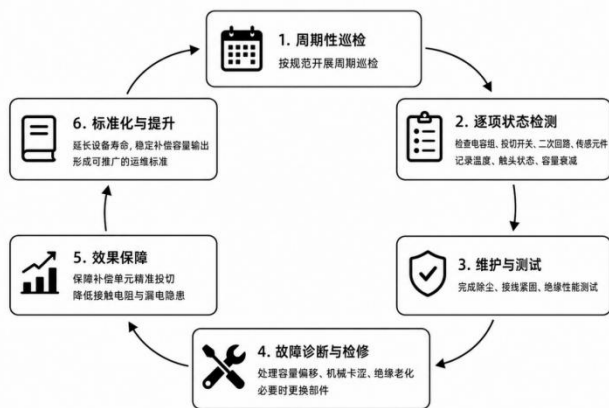


图 1 无功补偿设备标准化运维闭环流程

3.2 强化用户无功治理思想认知引导

围绕现行两部制电价及功率因数电费考核相关规章开展常态化专业知识普及，细致拆解功率因数指标对应的电费核算

规则，清晰梳理无功功率异常波动所带来的电费上浮、减免等核算逻辑。深入剖析无功损耗持续存在时，对配电设备绝缘性能、机械工况以及电网电压稳态水平造成的各类负面影响。结合区域配电网整体运行标准，阐释无功平衡在保障供电秩序中的核心价值，厘清无功治理和整体配电运维之间的内在关联^[3]。持续的知识传导能让无功管控要求落地到日常用电全流程，形成完整的用电管理思维。这套宣导与认知培育方式，也能为供电部门推进全域无功治理工作，提供成熟且可复用的实施路径。

3.3 依托抄表数据动态监测用电工况

以月度抄表获取的有功电量、无功电量、结算电费等连续数据为基础，搭建功率因数变化趋势分析模型，提取不同时段功率因数波动特征与负荷变化规律。结合历史数据曲线研判用电工况的异动趋势，捕捉负荷波动、补偿能力不足等隐性問題。依托数据维度实现用电状态的全天候溯源分析，突破传统单一抄表结算的工作局限。该数据化监测模式打通计量数据与无功管控之间的关联通道，建立起数据驱动的用电工况预警机制，为 10kV 高供高计用户实现精细化用电管控提供数据应用层面的技术参考。

结语

无功治理是高供高计大工业用户用电管理与配电网稳定运行的重要环节，功率因数的稳定控制直接关联用电经济性与供电质量。结合设备运行特性灵活切换无功补偿模式、优化变压器配置与设备控制结构，可从技术层面化解高压侧无功损耗带来的各类问题。配套建立标准化运维流程与数据监测机制，能够持续巩固治理成效，避免功率因数指标出现反复。整套技术方法与管理模式适配当前电价考核体系，既能够帮助工业用户压降用电成本，也可改善区域配电网无功分布状态，为同类用电场景的无功优化工作提供实践支撑。

参考文献：

[1] 左弯弯,孙锦宇,张向宏,等.现行电价制度下高供高计用户侧无功补偿策略[J].电气时代,2024,(1):67-69.
[2] 李学超,高建华,姚文鹏,等.基于负荷管理的企业电力用户无功优化技术方案研究[J].电工技术,2025,(15):23-27+31.
[3] 张驰,王金龙,邢沛.电解铝整流供电系统中的无功补偿及高次谐波研究[J].信息技术与信息化,2024,(12):53-56.