

最近，我和几位负责“东数西算”工程中西部数据中心集群运维的工程师聊了聊，他们提到一个有点棘手的问题。在那些部署了大量边缘计算节点的站点，尤其是风光互补供电的场景下，供电系统偶尔会出现一种难以捉摸的“抖动”——电压和电流波形畸变，设备会无预警地重启甚至损坏。这其实就是典型的电力系统谐振风险，它正成为影响算力节点，特别是偏远地区边缘节点可靠性的一个隐形杀手。今天，我们就来深入聊聊这个问题，以及如何从能源供应的根子上寻求解决方案。

中国东数西算节点边缘计算节点解决系统谐振风险技术报告

最近，我和几位负责“东数西算”工程中西部数据中心集群运维的工程师聊了聊，他们提到一个有点棘手的问题。在那些部署了大量边缘计算节点的站点，尤其是风光互补供电的场景下，供电系统偶尔会出现一种难以捉摸的“抖动”——电压和电流波形畸变，设备会无预警地重启甚至损坏。这其实就是典型的电力系统谐振风险，它正成为影响算力节点，特别是偏远地区边缘节点可靠性的一个隐形杀手。今天，我们就来深入聊聊这个问题，以及如何从能源供应的根子上寻求解决方案。

要理解谐振风险，我们不妨先看看现象。在“东数西算”的架构下，大量的边缘计算节点被部署在靠近数据源或用户的西部及偏远地区。这些站点往往采用光伏、储能、柴油发电机（光储柴）混合供电模式，以应对不稳定的市电或完全离网的环境。问题就出在这里：电力电子设备（如光伏逆变器、储能变流器PCS）大量接入，它们与站点内固有的感性、容性负载（服务器电源、空调、变压器等）以及长距离的电缆，共同构成了一个复杂的电气网络。当系统中某个频率的谐波分量（比如来自PCS开关频率的倍频）与这个网络的固有谐振频率重合时，就会发生谐振。现象上，你会观察到电压尖峰、电流畸变率（THD）异常升高，用工程师的话讲，“电变得不干净了”。长期来看，这会导致电容鼓包、变压器过热、精密IT设备逻辑错误，直接威胁到7x24小时不间断的算力服务。

那么，这个风险到底有多严重呢？我们来看一些数据。根据中国电力科学研究院相关领域的研究，在含有大量电力电子换流器的微电网系统中，高频谐振（通常在数百赫兹到数千赫兹）发生的概率比传统电网高出数倍。一项针对某西部数据中心集群的调研显示，在采用不同厂商混合供电方案的20个边缘站点中，约有35%的站点曾监测到明显的谐振现象，导致其所属的边缘计算节点年均非计划宕机时间增加了约15小时。这15小时，对于处理实时流数据或自动驾驶指令的边缘算力而言，意味着不可估量的业务损失和安全风险。谐振不仅仅是电能质量指标上的一个数字，它直接换算成了运营成本和业务连续性压力。

面对这个挑战，作为在储能和站点能源领域深耕近二十年的海集能，我们的看法是，必须从“系统集成”和“主动防御”两个层面协同解决。海集能总部在上海，在江苏南通和连云港设有生产基地，我们专门为通信基站、边缘计算节点这类关键站点提供一体化的绿色能源方案。我们的思路，不是简单地把光伏板、电池柜和发电机拼凑在一起，而是从设计之初，就将“抑制谐振”作为核心电气设计目标之一。

具体来说，我们的技术路径遵循一个清晰的逻辑阶梯：首先是“精准建模与感知”。我们在PCS和能源管理系统中集成了宽频带的阻抗扫描与谐波分析功能，能够实时感知站点电气网络的阻抗特性，就像给电网做持续的“心电图”监测。其次是“主动阻尼注入”。这是关键一步，我们的PCS可以依据实时监

测结果，通过控制算法主动注入一个与谐振频率相反的阻尼信号，有效“抚平”电网的振荡。这比传统被动式LC滤波器的方案更灵活、更精准，也避免了滤波器可能带来的新谐振点问题。最后是“协同控制”。在光储柴一体化的系统中，光伏逆变器、储能PCS和柴油发电机的控制器并非各自为政，而是通过我们的智慧能源管理系统进行协同，统一调度，避免控制策略冲突引发的谐振。

让我举一个或许你们会关心的案例。在内蒙古某个服务于“东数西算”的边缘计算节点，该节点原本采用不同品牌的光伏和储能设备，自投运后一直受间歇性谐振困扰，导致服务器机柜内的电源模块故障率偏高。去年，他们采用了海集能提供的整套站点能源替换方案，包括集成化光伏微站能源柜和智能储能电池柜。方案实施后，我们部署的系统持续监测并记录了关键数据：站点电网的电压总谐波畸变率（THDi）从平均8.7%稳定降至3%以下（符合IEEE 519严格标准），特征次谐波幅值下降了超过70%。更重要的是，截至目前的运维记录显示，与该供电系统相关的IT设备故障报告归零。这个案例生动地说明，将站点能源作为一个整体进行智能化、主动化的设计，是化解谐振风险、夯实算力底座的有效途径。

所以，我的见解是，解决“东数西算”边缘节点的谐振风险，不能头痛医头、脚痛医脚。它考验的是能源解决方案提供商对电力电子、控制理论和实际电网环境的深度融合理解。海集能依托从电芯、PCS到系统集成的全产业链把控能力，正是致力于提供这种“交钥匙”式的一站式解决方案。我们把近二十年的技术沉淀，特别是应对全球不同电网条件和极端环境的经验，都凝聚在了产品里。目标很简单，就是让能源供给这个底层基础，不再成为算力前进的绊脚石，而是成为其稳健、高效运行的助推器。

当然，技术总是在演进。随着边缘计算节点的密度和算力需求不断提升，供电系统的复杂性只会增加。我想抛出一个开放性的问题：在未来，当边缘节点进一步小型化、泛在化，甚至与可再生能源发电设备高度融合时，我们该如何提前构想并设计下一代“免疫”于各类电能质量风险的分布式能源系统？这或许是摆在所有行业参与者面前的共同课题。或许，我们可以从下一次深入的讨论开始。

来源: <https://hjenergysolution.com>