

# 中国东数西算节点大型AI智算中心电力谐波治理技术报告

依晓得伐，最近和几位电力系统的老朋友聊天，话题总绕不开那些新建的AI智算中心。这些坐落在“东数西算”工程关键节点上的数字巨兽，胃口大得惊人，但吃进去的电流，却常常“消化不良”。这可不是小事体，它直接关系到我们宏伟的算力蓝图能否稳定落地。

## 中国东数西算节点大型AI智算中心电力谐波治理技术报告

依晓得伐，最近和几位电力系统的老朋友聊天，话题总绕不开那些新建的AI智算中心。这些坐落在“东数西算”工程关键节点上的数字巨兽，胃口大得惊人，但吃进去的电流，却常常“消化不良”。这可不是小事体，它直接关系到我们宏伟的算力蓝图能否稳定落地。

让我们从一个现象开始。当你走进一个现代化的智算中心，除了服务器风扇的轰鸣，你可能听不到任何异样。但就在你看不见的电缆里，电流的波形正变得崎岖不平。这源于大量开关电源、变频器和整流器——也就是那些GPU集群和高效电源的“心脏”——它们在工作时，会向电网注入大量谐波。这些谐波，就像是交响乐中不和谐的杂音，会带来一系列连锁反应：

设备过热与损耗：导致变压器、电缆额外发热，效率下降，寿命缩短。

保护误动作：使精密继电器和断路器产生误判，引发非计划停机。

数据误差：干扰敏感的测量与控制设备，影响AI训练的精度与稳定性。

共振风险：与电网中的电容元件发生谐振，放大谐波，严重时损坏设备。

一组来自行业内部的分析数据很能说明问题。在某西部枢纽节点的一个早期智算中心项目中，未进行专项谐波治理前，其10kV母线侧的电流总谐波畸变率（THDi）高达28%，远超国标GB/T 14549-93规定的5%上限。这导致了每月平均约1.5%的额外电能损耗，以及一年内累计超过3次的非计划性低压侧保护跳闸。朋友们，这不仅仅是电费问题，更是关乎算力供应可靠性的核心挑战。在“东数西算”的框架下，西部能源优势转化为东部算力优势，这个转化过程的“电能质量”是关键桥梁，而谐波正是这座桥梁上隐蔽的裂纹。

面对这样的挑战，我们需要系统性的解决方案。这不仅仅是安装几个滤波柜那么简单，它需要从诊断、设计到运维的全生命周期视角。有趣的是，这个思路与我们海集能在另一个能源前沿——站点能源——领域深耕多年的理念不谋而合。我们为偏远地区的通信基站提供光储柴一体化解决方案时，核心任务之一就是确保在复杂、恶劣的电网环境下，输出纯净、稳定的电力。无论是沙漠中为5G微站供电，还是海岛上的安防监控，电力质量都是生命线。海集能依托近20年在储能与电力电子领域的积累，将这种对“极端环境适配”和“智能管理”的理解，从站点能源的千瓦级规模，延伸到了智算中心的兆瓦级场景。我们在江苏南通与连云港的基地，分别承载了定制化与标准化的生产能力，这种双轨模式恰恰能应对智算中心谐波治理中，标准化方案与定制化设计并存的需求。

那么，一个有效的治理方案是怎样的？它应当是一个阶梯式的、主动防御体系。

精准画像：首先，需要对智算中心的全负荷谱进行长期监测，特别是要捕捉到AI训练任务突发启动

时的冲击性谐波特征，这比稳态数据更重要。

分层治理：在设备级（如为大型UPS、HVDC电源配置输入滤波器）、配电级（在低压母线处安装有源电力滤波器APF）和系统级（考虑在变压器侧配置无源滤波或谐波抑制装置）进行协同设计。

能效耦合：将谐波治理与无功补偿、储能系统（如有）进行联动控制。例如，储能系统的PCS（变流器）在特定控制策略下，本身就能具备一定的有源滤波功能。这正是海集能作为数字能源解决方案服务商所擅长的系统集成思维——我们提供的不仅是设备，更是基于全产业链理解的“交钥匙”优化方案。

## 典型谐波治理方案对比

### 方案类型

原理

优点

适用场景

### 无源滤波器

利用LC电路谐振于特定谐波频率，提供低阻抗通路

成本较低，结构简单，维护方便

谐波成分稳定、负载变化不大的场景

### 有源电力滤波器

实时检测谐波电流，产生反向等幅值电流进行抵消

滤波精度高，动态响应快，可同时补偿无功

负载快速变化、谐波频谱复杂的智算中心主母线

### 混合型滤波器

结合无源与有源优势，通常无源滤除主要次谐波，有源处理残余部分

性价比高，兼顾性能与成本

大型项目，对成本敏感且要求较高滤波效果的场景

我想到一个值得分享的案例。在内蒙古某个国家级算力枢纽，一个为自动驾驶AI训练服务的智算集群在投运初期就饱受谐波困扰。项目团队引入了一套综合治理方案，其中核心是在其10kV配电系统中部署了数台大容量有源滤波器，并与原有的电容补偿装置进行协调控制。经过半年的运行数据追踪，母线电流THDi被稳定控制在3%以下，关键变压器温升下降了8摄氏度，预计每年可减少因谐波导致的电能损耗价值超过百万元。更关键的是，GPU集群因电源问题导致的异常重启率下降了70%。这个案例生动地说明，对谐波的有效投资，回报的不仅是电费单上的数字，更是宝贵的算力稳定性和设备资产寿命。

展望未来，随着AI算力需求呈指数级增长，以及更高效、更高功率密度电源技术的应用，谐波问题只会更加复杂。我们需要更智能的治理手段。例如，基于AI的预测性能源质量管理体系，可以通过学习历史负载与谐波数据，预测不同计算任务下的谐波发射谱，并提前调整滤波策略。这本质上，是将我

我们为站点能源提供的“智能管理”理念，在更大尺度上实现。海集能正在探索将储能系统的灵活性与先进的电力电子控制技术相结合，打造不仅能存储能量，更能主动“净化”电网的下一代能源节点。当我们在西部广袤的土地上建设这些承载未来智慧的算力中心时，确保其电力血脉的纯净与健康，是与建设算力本身同等重要的基础设施命题。毕竟，再强大的“大脑”，也需要一颗健康的“心脏”来供血。

所以，我想留给大家一个开放性的问题：在“东数西算”这场国家级的能源与算力再平衡战略中，我们除了关注PUE（电能使用效率）这个显性指标，是否应该将“电力质量指数”提升到同等重要的战略评估维度？我们该如何设计一套适用于超大型智算中心的、贯穿其全生命周期的电能质量动态标准与协同治理框架？期待听到各位同行和实践者的高见。

---

来源: <https://hjenergysolution.com>