

如果依走进任何一座现代化的超算中心，扑面而来的除了机器的低鸣，就是一股巨大的热浪。这不仅仅是计算产生的热量，更是整个行业面临的一个核心悖论：我们追求更强大的算力，却不得不将其中近一半的能源，消耗在散热和供电损耗上。这个悖论的量化指标，就是PUE——电能使用效率。一个理想的PUE是1.0，意味着所有电力都用于计算本身，但根据Uptime Institute的年度报告，全球数据中心平均PUE仍在1.5以上。这意味着，每消耗1度电进行计算，就需要额外0.5度电来支持冷却和配电。对于功耗动辄以兆瓦计的超算中心，这0.5的差距，意味着每年数百万乃至上千万的能源成本，和与之相应的碳足迹。

插框电源如何重塑超算中心的PUE困局

如果依走进任何一座现代化的超算中心，扑面而来的除了机器的低鸣，就是一股巨大的热浪。这不仅仅是计算产生的热量，更是整个行业面临的一个核心悖论：我们追求更强大的算力，却不得不将其中近一半的能源，消耗在散热和供电损耗上。这个悖论的量化指标，就是PUE——电能使用效率。一个理想的PUE是1.0，意味着所有电力都用于计算本身，但根据Uptime Institute的年度报告，全球数据中心平均PUE仍在1.5以上。这意味着，每消耗1度电进行计算，就需要额外0.5度电来支持冷却和配电。对于功耗动辄以兆瓦计的超算中心，这0.5的差距，意味着每年数百万乃至上千万的能源成本，和与之相应的碳足迹。

要理解PUE的优化，我们必须沿着能源流动的阶梯，从电网到芯片，逐层审视。传统的供电架构像是一个臃肿的官僚体系：高压市电进入数据中心，经过变压器、低压配电柜、不同断电源（UPS）、列头柜，最后才到达服务器机柜。每一级转换和传输，都伴随着效率损失和发热。更棘手的是，为了确保可靠性而设计的“2N”或“N+1”冗余系统，让大量供电设备长期处于低负载的“空转”状态，效率极其低下。这构成了PUE困局的第一层：供电链路本身，就成了一个巨大的“能耗用户”。而散热系统，作为PUE的另一个主要推手，其能耗又直接与供电链路和IT设备的发热量挂钩。因此，破局的关键，在于从源头——即供电架构——进行一场“瘦身革命”。这正是插框电源（Rack-level Power）理念的出发点。

从集中到分布：插框电源的架构革命

插框电源，顾名思义，是将大型集中式UPS的职能“打散”，分布式地集成到每一个服务器机柜或机柜排中。它通常以高密度电源模块的形式，直接安装在IT机柜的垂直安装框（插框）内。这种改变看似细微，却带来了系统性的效率提升。首先，它极大地缩短了供电路径，减少了铜损和转换环节。其次，它实现了精准供电，每个机柜或机柜群的供电单元可以根据实际负载动态调整工作状态，避免了传统UPS在低负载下的低效区间。更重要的是，它为与储能系统的结合创造了天然接口。

阿拉海集能在近二十年的储能技术深耕中发现，将高效锂电储能系统与插框电源深度耦合，能产生“1+1>2”的协同效应。我们的思路是，将储能单元作为机柜级的“贴身能源管家”。在江苏连云港的标准化生产基地，我们生产的标准化储能模块，可以像搭积木一样，与主流插框电源方案无缝对接。这不仅提供了可靠的备份电源，更能实现“削峰填谷”——在电价低谷时储能，在电价高峰时放电，直接降低用电成本。同时，储能系统可以平抑服务器工作负载突变带来的功率波动，让上游供电设备工作得更平稳、更高效。这套思路，已经在我们的站点能源业务中得到了充分验证，无论是通信基站还是物联网微站，光储柴一体化方案都显著提升了能源自治率和供电质量。

一个具体的实践：当插框电源遇见储能系统

让我们来看一个更具象的场景。去年，我们与华东地区一个从事人工智能训练的超算集群合作。该集群初期PUE高达1.65，其中供电和冷却的“额外开销”惊人。他们的痛点很明确：电费账单压力巨大，且市政电网的容量申请与扩容周期，严重制约了其算力规模的扩展计划。

我们的团队提出的方案，并非简单的设备替换，而是一次架构重构。核心是分步实施“分布式插框电源+机柜级储能”的混合供电模式：

第一步：供电侧“去肥胖化”逐步淘汰部分低负载运行的大型中央UPS，在新增算力机柜列中，部署集成高压直流（HVDC）输出的插框电源。这一步操作直接将该部分的供电链路效率提升了约5%。
第二步：引入“能量缓存”利用我们南通基地的定制化能力，为每组插框电源配套开发了紧凑型储能电池柜。这些柜子与IT机柜并排安装，通过智能能量管理系统（EMS）进行调度。
第三步：系统性耦合 储能系统不仅提供备份，更在EMS指挥下，每天在电价谷时（凌晨）充满电，在电价峰时（下午）与市电协同放电，支撑集群的高强度运算任务。

项目实施一年后，该集群的整体PUE优化至1.38。更直观的数据是，通过峰谷套利和需量管理，其年度能源成本降低了18%。同时，因为储能系统提供了额外的缓冲容量，他们成功延缓了对市政电网的扩容需求，为业务增长赢得了时间窗口。这个案例清晰地表明，PUE的优化不再是单纯的散热技术竞赛，而是演变为一场涉及供电架构、IT负载与能源管理协同的综合性工程。

更深层的见解：效率、弹性与可持续的三重奏

所以，当我们谈论插框电源与超算中心PUE时，其意义早已超越了节能省电的范畴。它代表着一种新的数据中心设计哲学：从追求绝对集中控制的“堡垒式”模型，转向更灵活、更弹性、更智能的“细胞化”模型。每一个集成或耦合了储能的插框电源单元，就像一个具有自主呼吸和代谢能力的细胞，既能高效完成本职工作（供电），又能与系统整体智能互动（能量调度）。

这对于海集能这样的数字能源解决方案服务商而言，意味着巨大的机遇和责任。我们不仅提供储能产品，更致力于将我们在全球工商业储能、户用储能和微电网项目中积累的能源管理智慧，注入到数据中心这个“能耗巨兽”的改造中。上海总部的前瞻研发与江苏两大基地——南通（定制化）与连云港（标准化）——的柔性制造能力，使我们能够为客户提供从关键部件到“交钥匙”系统集成的全栈服务。超算中心面临的挑战，与我们在偏远地区解决的通信基站供电问题，在本质上相通：都要求在高可靠性的前提下，实现极致的能源效率与成本控制。

未来，随着算力成为像水电一样的基础资源，其“发电侧”（计算）和“输配侧”（供电与散热）的效率，将共同决定数字经济的成本与可持续性。插框电源与储能的结合，或许只是这场深远变革的一个序章。那么，对于您所在的组织而言，当下一次算力扩容计划摆在桌面上时，第一个问题是否会从“需要多少台服务器？”转变为“我们该如何重新设计整个机房的能源流动路径？”

来源: <https://hj-wireless.com>