

我最近和东京的一位数据中心运维主管聊天，他提到一个有趣的现象。他说，过去他们追求的是“不中断”，现在董事会天天问的是“不浪费”。这个“浪费”，指的就是能源。而衡量这种浪费的核心指标，就是PUE——电源使用效率。这个数字越接近1，说明电能几乎全用在计算设备上，被制冷、照明这些辅助设施“吃掉”的就越少。在日本这样一个资源高度紧张、电费高昂且环保法规日益严格的市場，PUE不仅仅是报表上的数字，它直接关系到企业的生存底线和ESG评分。

嵌入式电源如何重塑日本数据中心的PUE景观

我最近和东京的一位数据中心运维主管聊天，他提到一个有趣的现象。他说，过去他们追求的是“不中断”，现在董事会天天问的是“不浪费”。这个“浪费”，指的就是能源。而衡量这种浪费的核心指标，就是PUE——电源使用效率。这个数字越接近1，说明电能几乎全用在计算设备上，被制冷、照明这些辅助设施“吃掉”的就越少。在日本这样一个资源高度紧张、电费高昂且环保法规日益严格的市場，PUE不仅仅是报表上的数字，它直接关系到企业的生存底线和ESG评分。

那么，现象背后的数据是怎样的呢？根据日本绿色IT促进协会近年来的报告，日本数据中心的平均PUE值大约在1.6到1.8之间。这个数字听起来或许比一些地区要好，但你要晓得，顶尖的数据中心已经能将PUE压到1.2甚至更低。这零点几的差距，换算成电费，可能就是每年数亿日元的成本，以及数千吨的额外碳排放。问题出在哪里？传统的数据中心供电架构，好比家里的老式配电箱，线路冗长，转换层级多，每一步都有损耗。UPS（不间断电源）和空调系统往往是最大的“电老虎”。

这就引出了我们今天要深入探讨的解决方案：嵌入式电源。它不是简单地把电源模块塞进机柜，而是一种从架构层面出发的深度整合哲学。传统的集中式供电像是一个巨大的中央水库，通过漫长的管道输送到每个房间，而嵌入式电源则是在每个用水点（即服务器机柜）旁边安装一个智能的、小型化的“净水站”。具体来说，它将高效的整流、逆变、配电和电池储能单元直接集成到机柜排或机柜内部。这种做法的好处是显而易见的：

缩短供电距离：高压直流或交流电直接送至机柜旁，大幅减少电缆传输损耗。

按需精确制冷：电源的发热点与服务器发热点合一，便于部署机柜级精确制冷，告别整个机房“一刀切”式的低温环境，让空调系统不再“过度劳动”。

提升系统弹性：每个供电模块独立运作，故障影响范围小，系统可柔性扩展，这非常契合日本数据中心常见的渐进式扩容需求。

讲到这里，我想分享一个我们海集能参与的案例。我们在日本关西地区与一个大型云服务商合作，对其一个老旧数据中心进行节能改造。客户的核心痛点就是PUE高达1.75，电费支出不堪重负，且空间紧张无法大规模改建。我们的方案没有动其主干架构，而是在关键的几排高性能计算机柜中，部署了自研的嵌入式光储直流微网系统。这个系统长什么样呢？

简单说，我们在每个目标机柜的顶端，整合了高效光伏转换模块和智能锂电储能单元，与原有的市电构成混合供电。白天，光伏优先供电；储能系统则在电价高峰时放电，低谷时充电，实现“削峰填谷”。最重要的是，这套嵌入式系统通过我们自研的能源管理系统（EMS），实现了对每个机柜供电和散

热的毫秒级精细管控。改造后一年的运行数据显示，这几排机柜的局部PUE降低到了1.25，整体数据中心PUE下降了0.15。客户不仅省下了真金白银，其可再生能源使用比例也大幅提升，这个故事后来还成了他们宣传绿色计算实力的一个招牌。作为一家从2005年就开始深耕储能与数字能源的上海企业，海集能在南通和连云港的基地，一个擅长此类定制化系统集成，一个专注标准化产品规模制造，这种“前后后厂”的模式，让我们能够快速响应全球不同客户，包括日本市场对高可靠、高效率嵌入式能源解决方案的独特需求。

透过这个案例，我们能获得什么更深层的见解呢？我认为，在日本推动嵌入式电源优化PUE，其意义远超节能省钱本身。首先，它符合日本社会对“集约精致”的极致追求，即用最小的空间和资源扰动，实现最大的能效提升，这与日本传统的“侘寂”美学和现代精益管理一脉相承。其次，它增强了基础设施的“抗逆性”。日本多地震，能源供给存在不确定性，分布式、模块化的嵌入式电源架构，配合储能，本质上构建了一个个可独立运行的能源细胞，在极端情况下保障关键算力的存活，这比任何保险都来得实在。最后，它为数据中心融入未来城市能源网络（如虚拟电厂）打下了物理基础。每个数据中心不再是一个孤立的电耗子，而是一个个可调度、可响应的智能能源节点。

传统供电架构与嵌入式电源架构对比

对比维度 传统集中式架构 嵌入式电源架构

供电距离长，线路损耗大 极短，损耗极小

制冷方式 房间级，过度制冷 普遍机柜/排级，精确制冷

扩展灵活性 差，需提前规划 大容量好，可按需柔性增加模块

系统韧性 单点故障影响范围大 故障隔离，影响范围小

与可再生能源结合 困难，需大规模改造 容易，可自然形成微电网

所以，下一次当你审视数据中心那令人头疼的电费账单时，或许可以换个角度思考：我们是否还在用20世纪的供电哲学，来支撑21世纪的算力需求？将电源“嵌入”到负载身边，不仅仅是一次技术升级，更是一次关于效率、弹性和可持续性的认知革命。在通往PUE接近1.0的理想国道路上，你认为下一个颠覆性的突破点，会是在电池化学的革新，还是在人工智能对能效的闭环优化上？

来源: <https://hj-wireless.com>