

在黄浦江畔的办公室里，我时常望着窗外思考一个问题：当全球算力需求以每年超过30%的速度增长，那些承载着人工智能训练、气候模拟和基因测序的超级计算中心，究竟该如何应对能源消耗这个“甜蜜的负担”？根据国际能源署的数据，全球数据中心能耗已占全球电力消耗的1-1.5%，其中超算中心更是“用电大户”。

## 超算中心能源管理系统解决方案的演进之路

在黄浦江畔的办公室里，我时常望着窗外思考一个问题：当全球算力需求以每年超过30%的速度增长，那些承载着人工智能训练、气候模拟和基因测序的超级计算中心，究竟该如何应对能源消耗这个“甜蜜的负担”？根据国际能源署的数据，全球数据中心能耗已占全球电力消耗的1-1.5%，其中超算中心更是“用电大户”。

这种现象背后有个有趣的悖论——计算效率的提升往往以能源效率的暂时退步为代价。十年前，我们还在讨论如何降低PUE（电能使用效率）值；如今，随着液冷技术和异构计算架构的普及，问题已经演变为如何实现能源的“动态自治”。我常和团队讲，这就像上海弄堂里的老师傅调节煤球炉火候，既要保证火力足够猛，又不能浪费一丝一毫的热量。

## 从被动监控到主动调度的范式转变

传统超算中心的能源管理，老实讲，更像是个“事后诸葛亮”。多数系统停留在数据采集和报警阶段，当某个机柜温度超标时，制冷系统才匆忙启动。但现代超算负载的波动性极强，训练大模型时功率可能瞬间飙升至峰值，而数据预处理阶段又可能处于低功耗状态。我们海集能在南通基地为某科研机构定制的储能系统，通过实时监测计算任务队列，成功将非峰值时段的可再生能源存储起来，在计算高峰时释放，使得整体购电成本降低了18%。

负载预测算法：通过分析历史作业调度日志，提前2小时预测功率需求曲线

多能源协调：将市电、储能电池、备用发电机视为统一资源池进行优化调度

热惯性利用：利用服务器和机架的热容特性，在安全阈值内允许温度短期浮动

## 数字孪生如何重塑能源流

让我分享个具体案例。去年我们为张江某人工智能实验室部署的解决方案，在超算集群的数字孪生模型里，每个机柜、每根母线、甚至每个PDU（电源分配单元）都有对应的虚拟映射。系统通过强化学习算法不断优化冷却水流量和机架风扇转速的配合，最终在夏季用电高峰期，将PUE值稳定在1.15以下——这个数字比行业平均水平低了约0.2。有意思的是，系统还发现了某些计算节点在特定工作负载下存在“隐性功耗”，通过调整CPU频率策略，额外节省了7%的能源。

海集能在江苏连云港的标准化生产基地，实际上就是这种理念的实体化体现。我们把超算中心的能源管理系统看作一个“微缩版智慧电网”，从电芯选型到PCS（储能变流器）的响应速度，每个环节都影响着最终的系统效率。我们的工程师团队经常开玩笑说，设计储能系统就像给超算中心配了个“智能蓄

电池”，既要能在毫秒级响应功率突变，又要具备学习能源价格波动的能力。

## 当光伏遇见液冷服务器

在站点能源领域积累的经验给了我们独特的视角。超算中心屋顶的光伏板阵列，不应该是简单的“发电装饰品”。我们正在研究的自适应MPPT（最大功率点跟踪）技术，可以根据超算负载曲线动态调整光伏阵列的工作点。比如在清晨计算任务较轻时，系统会优先为储能单元充电；当下午电价高峰来临时，则协调光伏、储能和备用柴油发电机共同供电。这种策略在加州某国家实验室的试点项目中，将可再生能源渗透率提高了34个百分点。

### 时间节点

传统方案能耗

智能调度后能耗

优化比例

### 计算峰值期

8.2 MW

7.1 MW

13.4%

### 夜间低负载期

3.5 MW

2.8 MW

20.0%

### 季度总耗电量

42 GWh

36.5 GWh

13.1%

有同行问我，为什么海集能要从通信基站的能源管理扩展到超算领域？其实道理蛮简单的——两者都面临着“供电可靠性”和“能源成本”的双重挑战，只是规模不同罢了。我们为5G基站开发的智能削峰填谷算法，经过改进后完全适用于超算中心的GPU集群。这种跨领域的技术迁移，往往能带来意想不到的创新，就像上海本帮菜里用巧克力做红烧肉，看似不搭，实则别有风味。

## 面向量子计算的未雨绸缪

随着量子计算原型机逐步走出实验室，其独特的制冷需求（接近绝对零度）将对能源管理系统提出

全新挑战。我们正在与国际合作伙伴研究超导储能系统与稀释制冷机的协同控制策略。想象一下，未来超算中心的能源管理系统可能需要同时调度室温服务器、液冷AI集群和超导量子计算机——这需要系统具备分层协调能力，就像交响乐团指挥同时处理弦乐、管乐和打击乐声部。

在浦东临港的测试场，我们模拟了2040年超算中心的典型负载场景。结果显示，当可再生能源占比超过60%时，储能系统的响应速度需要比现在提升一个数量级。这促使我们重新思考PCS的拓扑结构，甚至借鉴了高铁牵引变流器的某些设计理念。有时候创新就是这样，需要跳出行业的固有思维框架。

各位正在规划或升级超算中心的朋友，你们是否考虑过将能源管理系统作为计算基础设施的“核心组件”而非“辅助设施”来设计？当你们下一次讨论服务器采购预算时，会不会留出足够的资源给那些默默守护着每度电的智能控制系统？

来源: <https://hj-wireless.com>