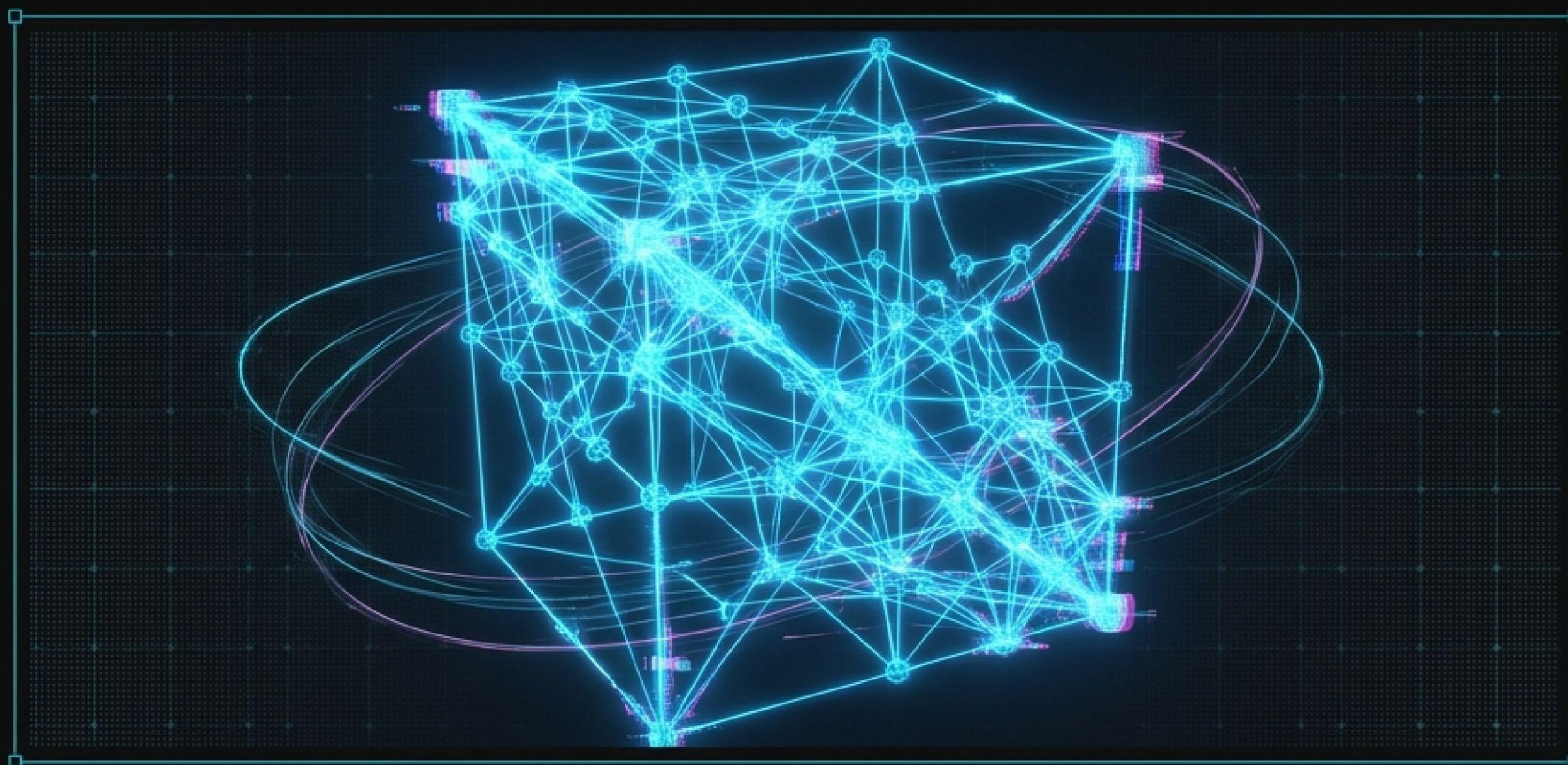


算力巅峰：高性能稀疏求解器的赛博演进

[CLASSIFIED] 技术简报: PanguLU / SuperLU_DIST / PARDISO / MUMPS 深度评测



探索从分布式 CPU 到异构 GPU 时代的数值计算基石。

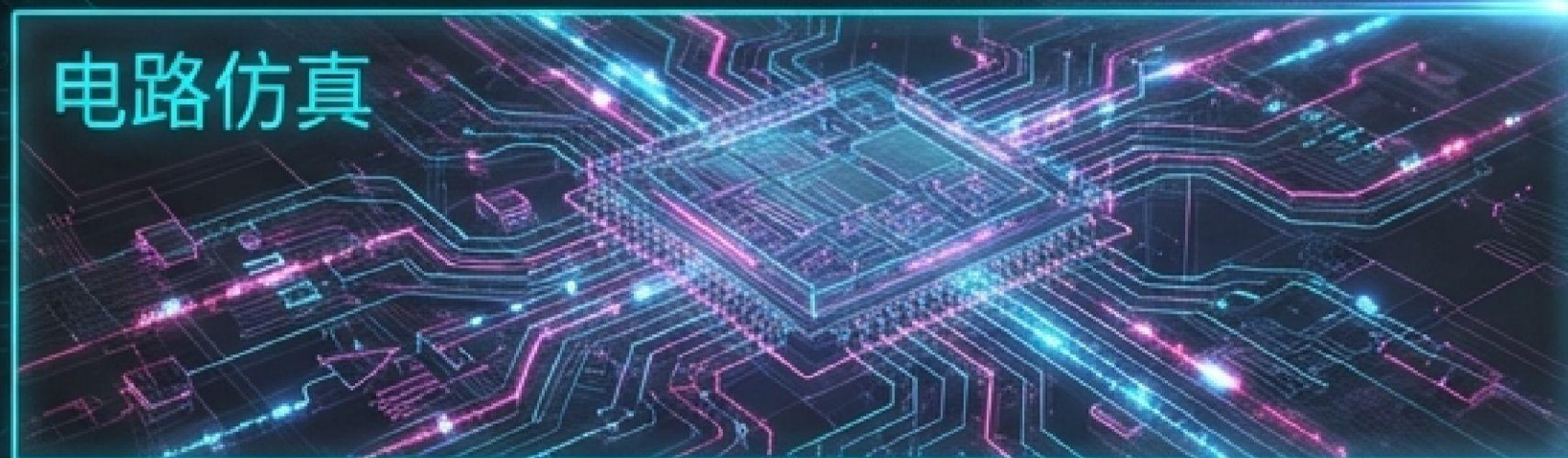
算力洪流中的隐形引擎

科学与工程计算的每一个前沿，都建立在求解巨型稀疏线性方程组（ $Ax=b$ ）的能力之上。这是我们必须攻克的核心要塞，消耗了超过70%的计算时间。

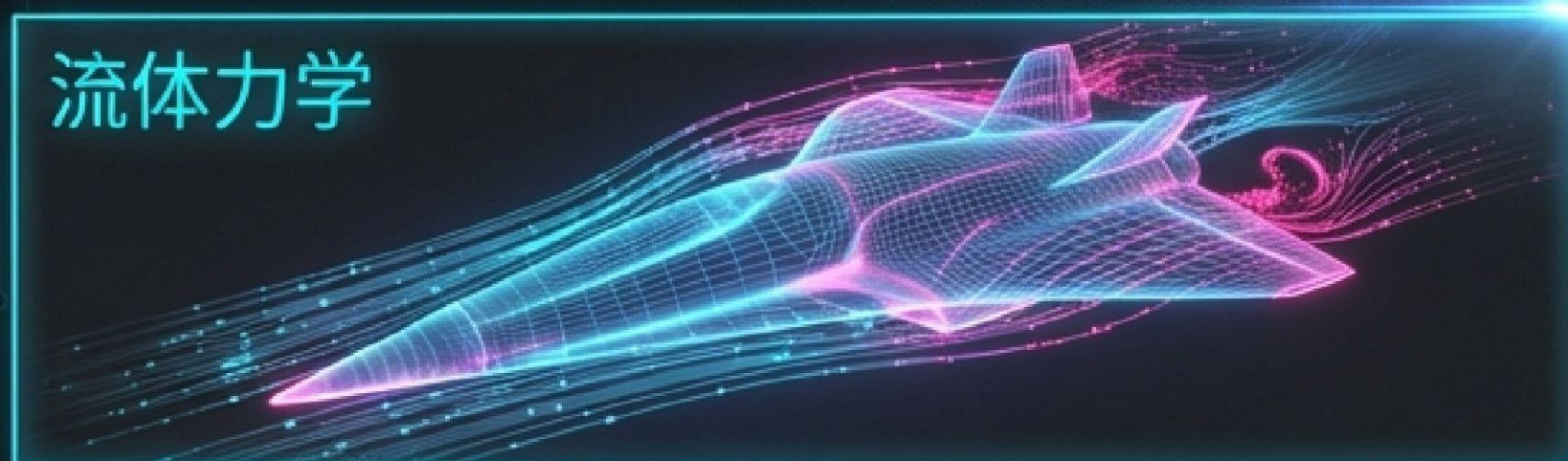
结构力学



电路仿真



流体力学



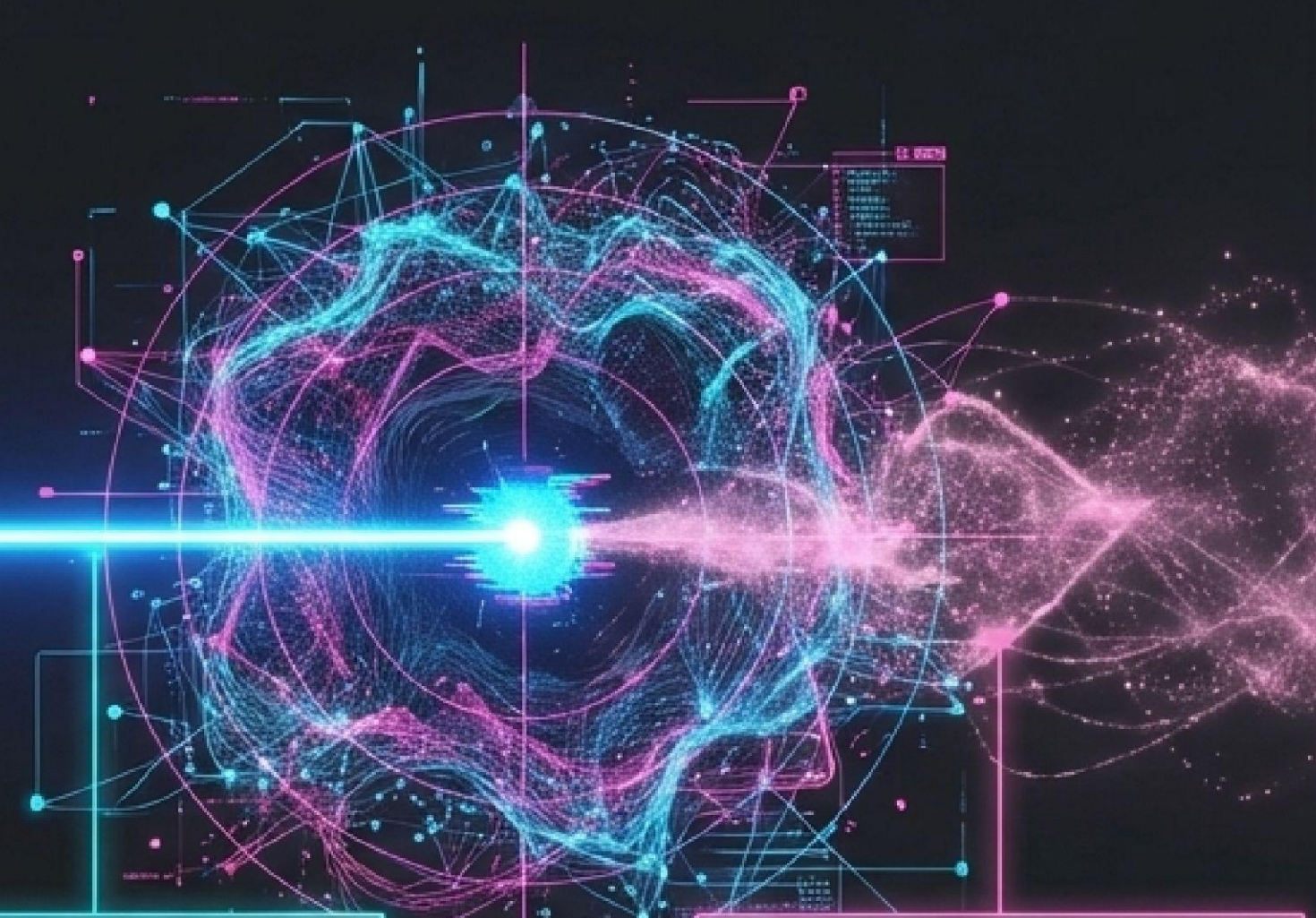
精准打击：为何选择直接求解器？

定义

直接求解器通过精确的矩阵分解（如LU分解），提供确定性的解。

关键优势

面对极端病态或不定系统，其无与伦比的数值鲁棒性是唯一可靠的选择。

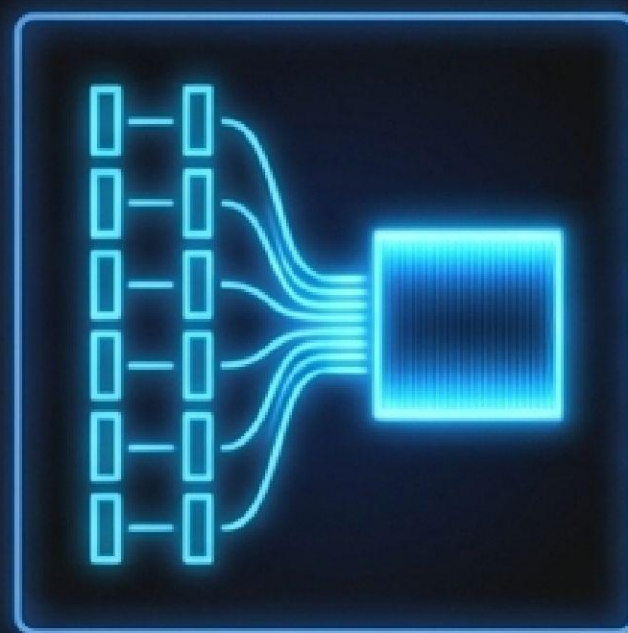


直接求解器
(Direct Solvers)

迭代法
(Iterative Methods)

架构之争：三大范式的数字指纹

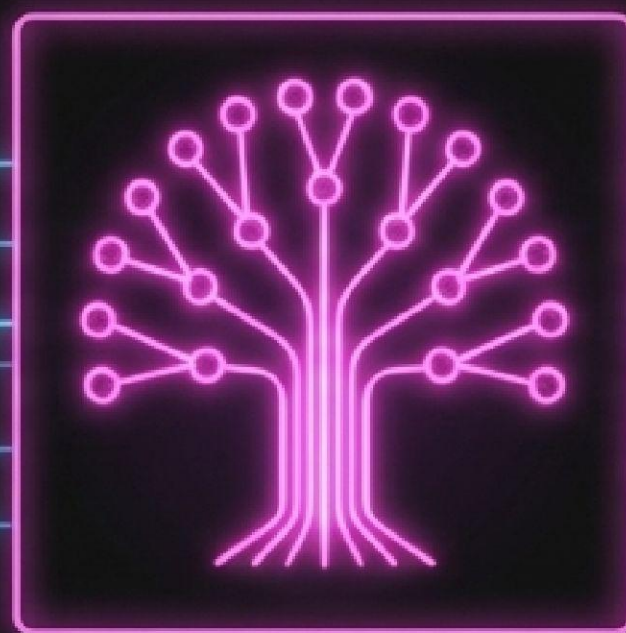
超节点
(Supernodal)



聚合列以最大化
BLAS-3 效率。

SuperLU_DIST, PARDISO

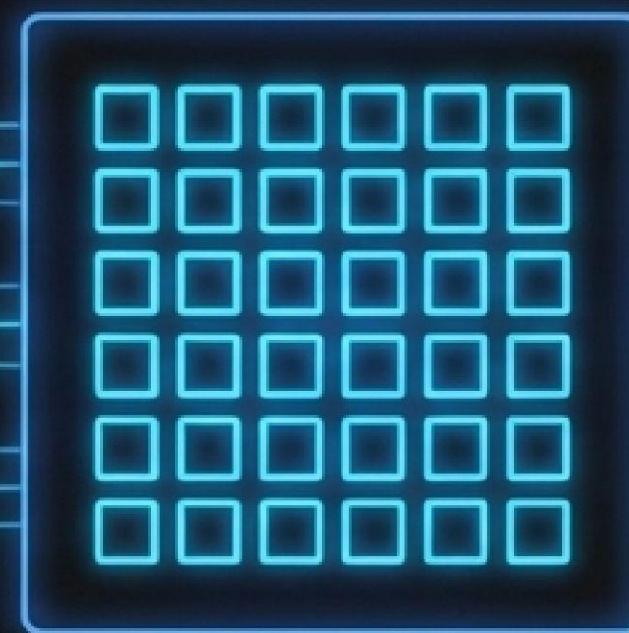
多额面
(Multifrontal)



基于装配树的异步调度，
天然支持动态平衡。

MUMPS

正则 2D 分块
(Regular 2D Blocking)



等尺寸稀疏块，从根源
消除“零填充”浪费。

PanguLU

INTEL-CORE: PARDISO - 蓝巨人的遗产

- 身份

Intel oneMKL 的核心引擎，共享内存架构的效率之王。

- 战术优势

对称系统、结构工程应用的理想选择。与 Intel 生态无缝集成，开箱即用。

- 战术局限

在超大规模分布式计算中，其集群版本扩展性显现疲态。

[VERSION_ALERT] 2025.1.0-beta
版本被曝在特定病态系统下存在解精度回归的 Bug。强制要求版本控制。

DYNAMIC GUARD: MUMPS - 鲁棒防线的守望者

身份

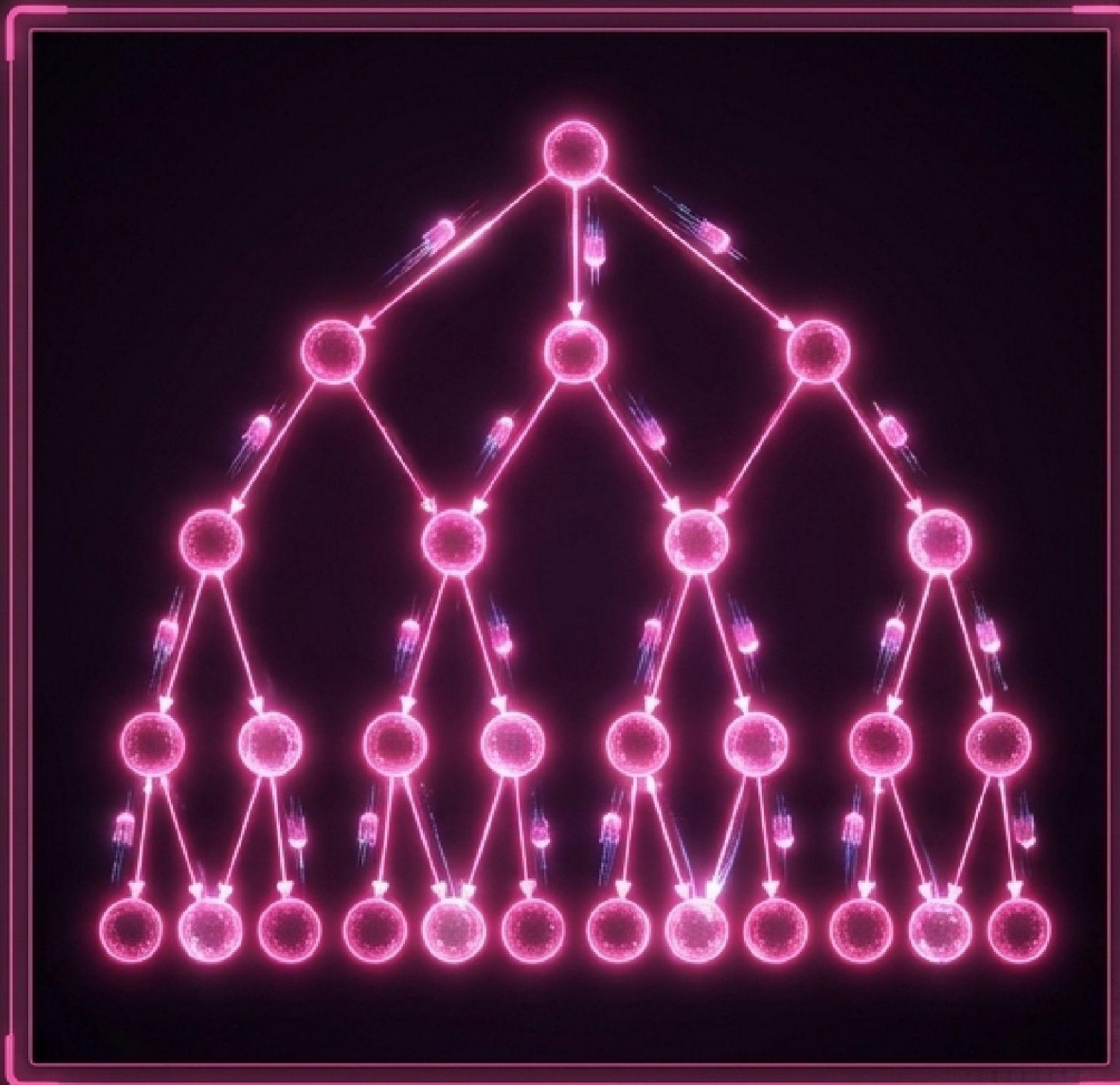
源自法国的开源多额面求解器，以极致的稳定性和灵活性著称。

战术优势

- **动态调度**：可根据数值稳定性动态延迟消元，确保结果可靠。
- **低秩压缩**：引入BLR技术，最高可减少50%的内存与计算开销。

核心应用

结构力学与多物理场仿真的首选。



SCALABLE GHOST: SuperLU_DIST - 跨维通信规避

身份

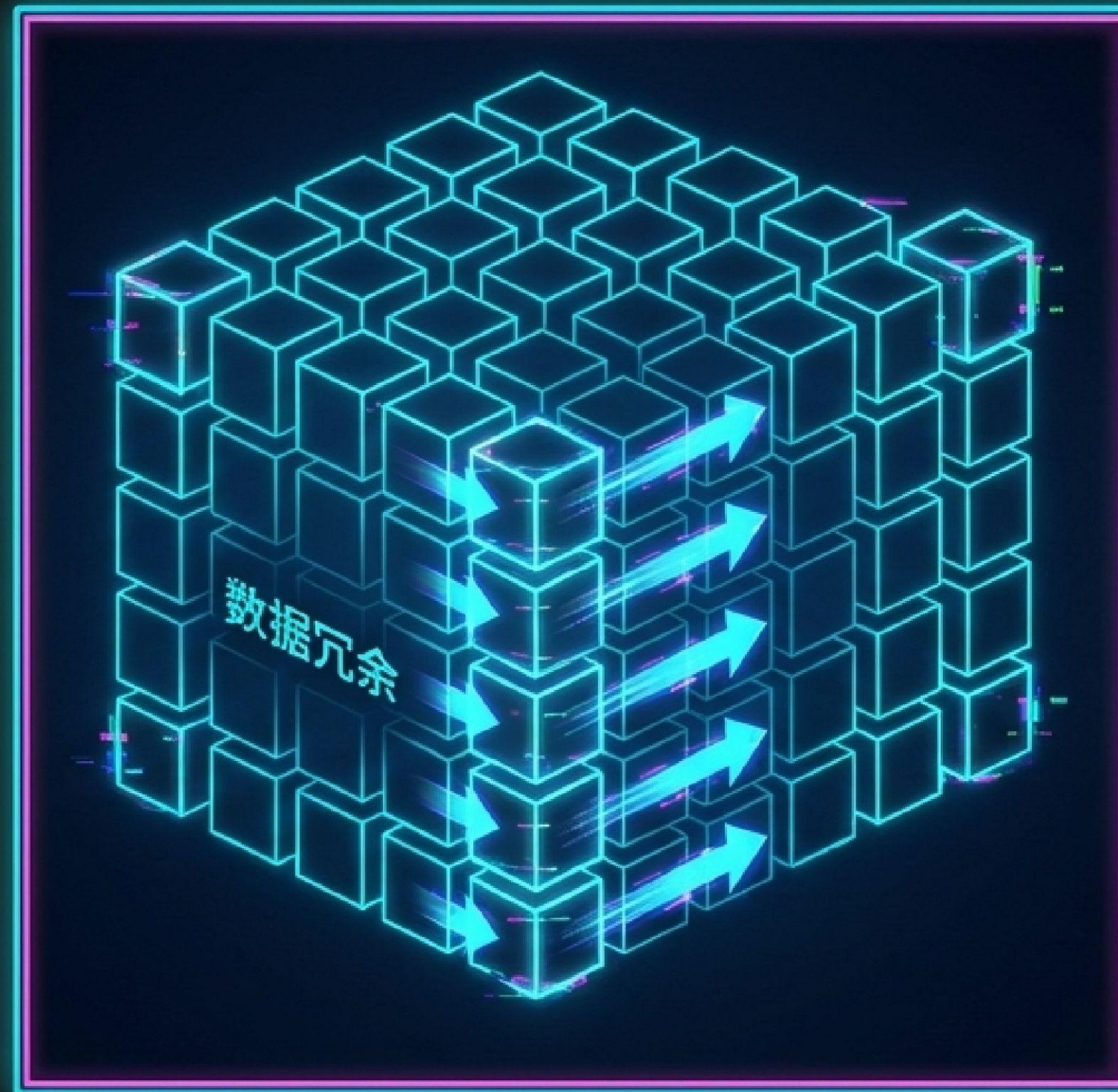
美国劳伦斯伯克利国家实验室开发的分布式计算标杆。

战术优势

- **3D算法**: 创新性地使用内存冗余, 打破2D算法的通信瓶颈。
- **混合精度**: GPU (FP32) + CPU (FP64) 协同, 实现速度与精度的完美平衡, 性能翻倍。

定位

通用的外尺度分布式计算利器。



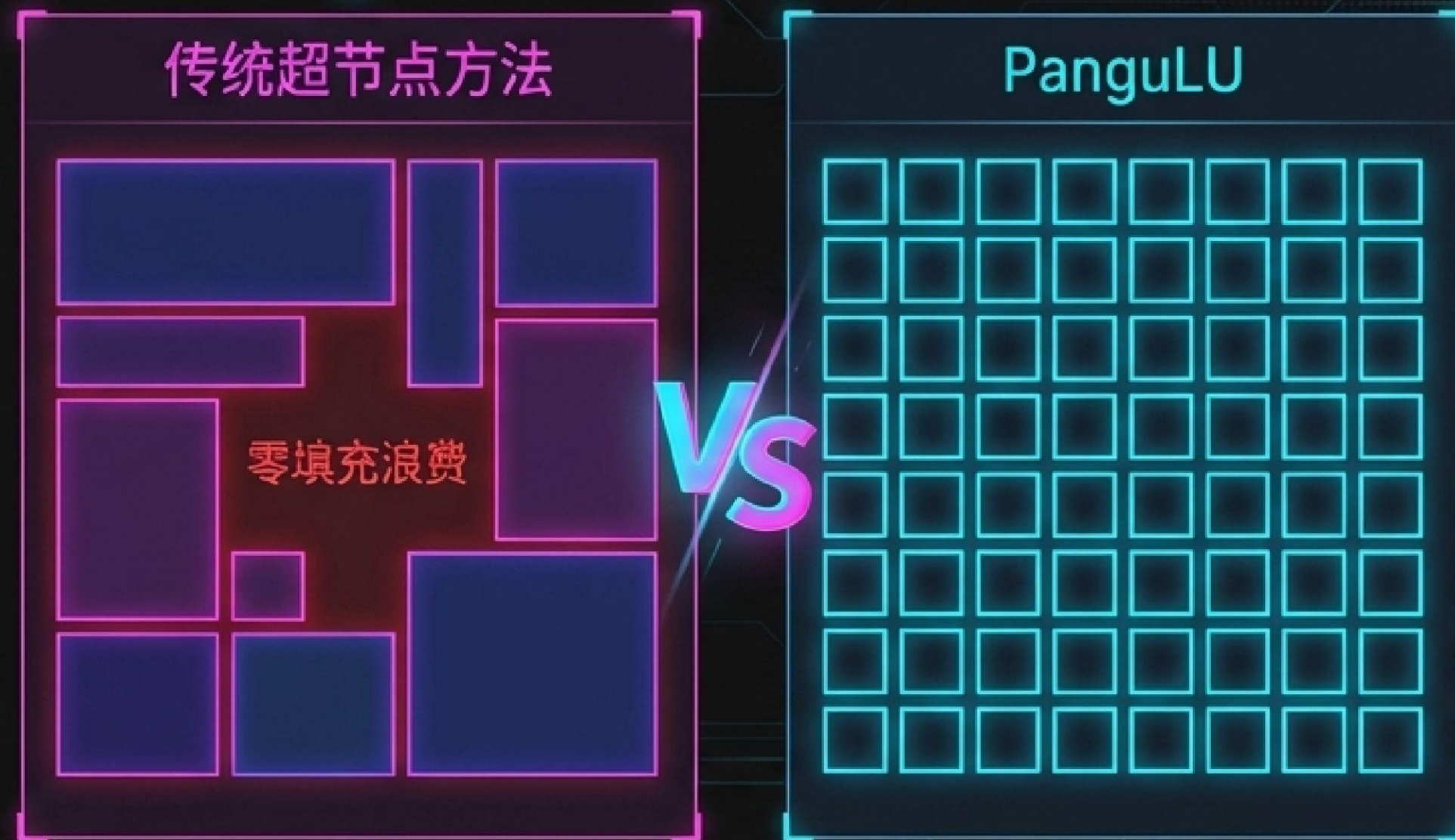
CYBERNETIC NOVA: PanguLU - 异构原生颠覆者

身份

面向新一代异构超算设计的“赛博新星”。

核心竞争力

- **零填充消除**：正则2D分块，从根本上避免了传统超节点方法在不规则矩阵中的计算浪费。
- **无同步调度**：
异步任务流，消除全局同步屏障，
将GPU利用率推向物理极限。



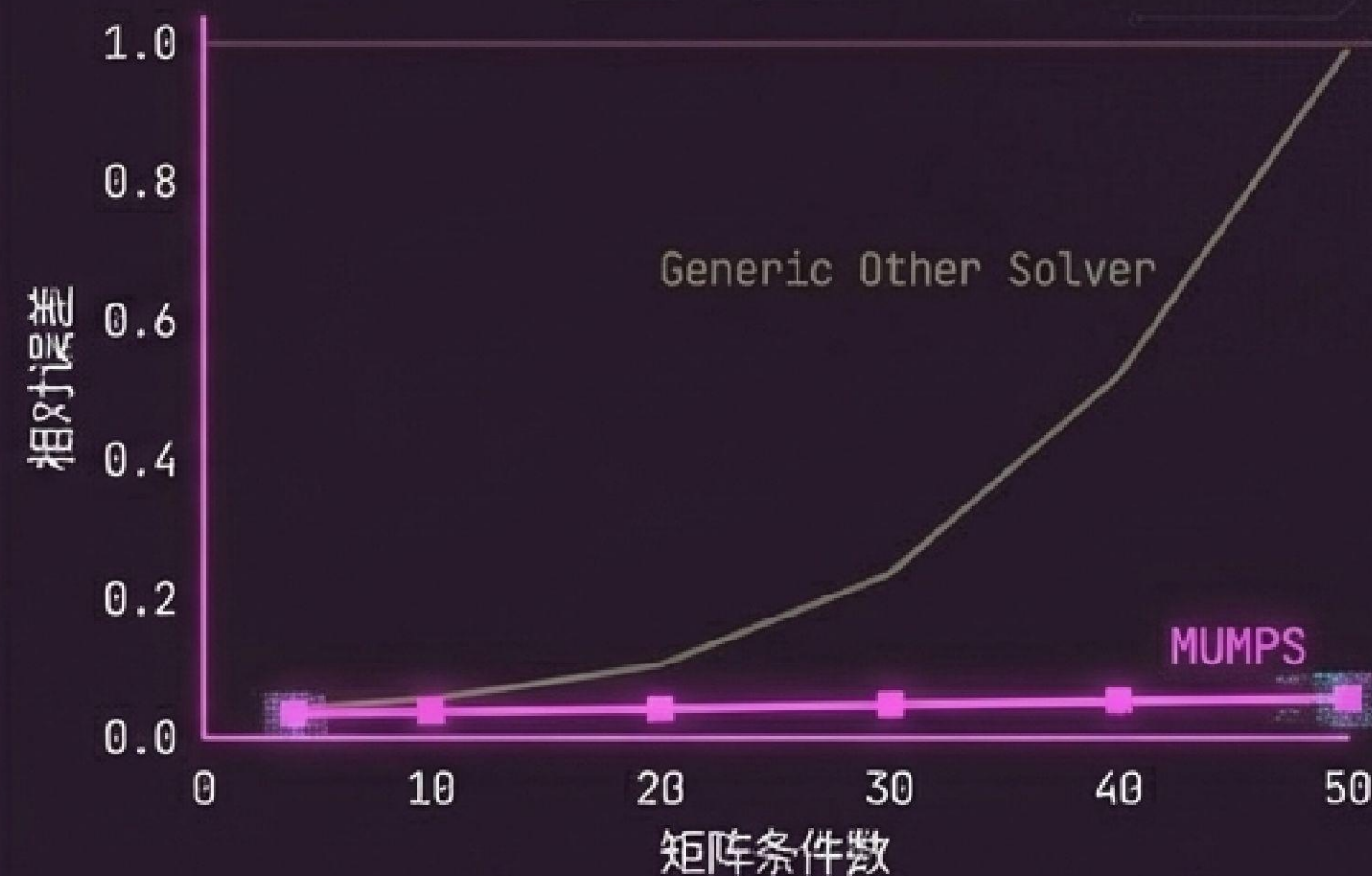
性能遥测 I：传统强者的统治区域

结构力学问题 | 48核CPU



共享内存霸主
(Shared-Memory Hegemon)

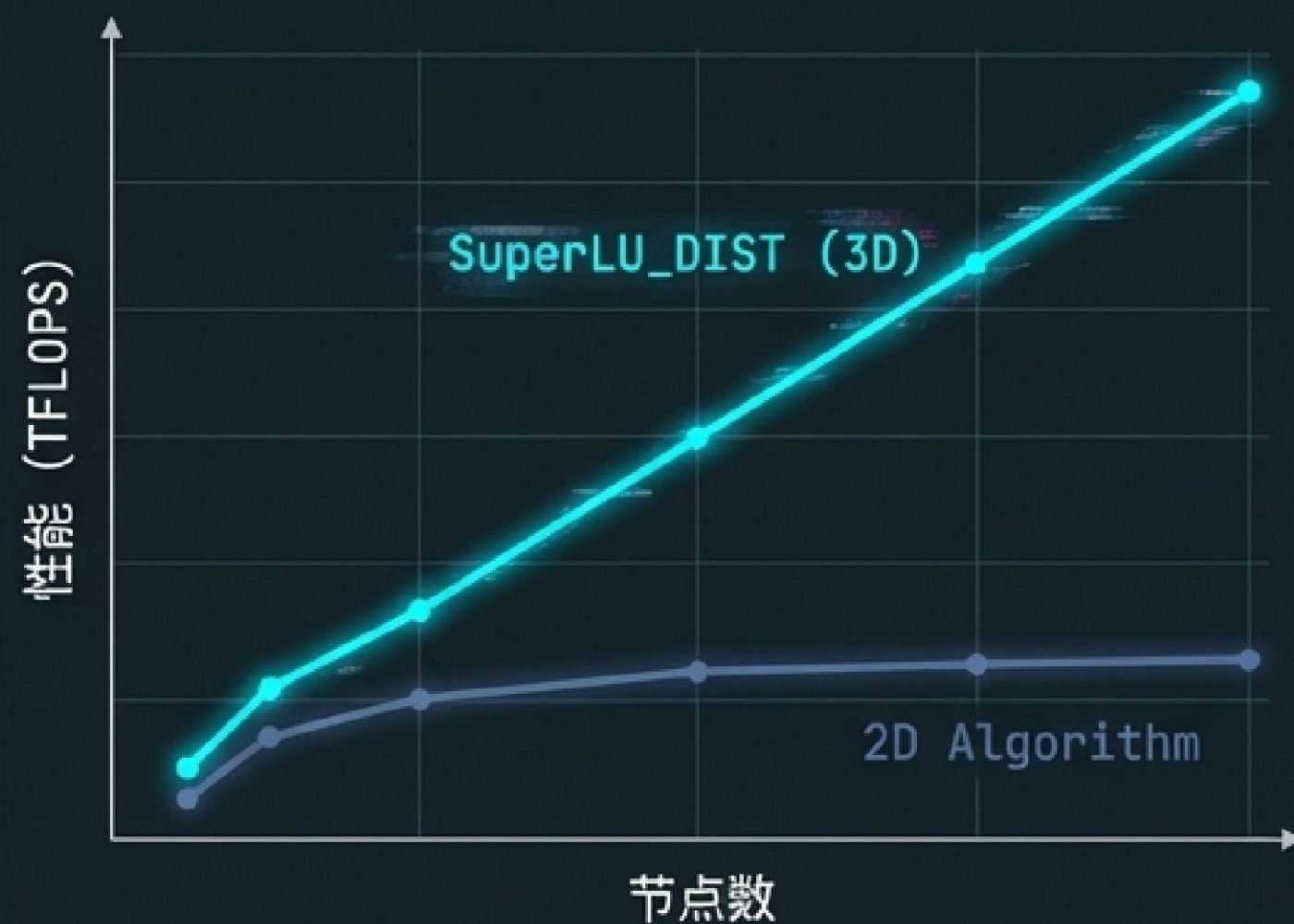
极端工况下的稳定性



极端工况下的稳定性
(Stability Under Extreme Conditions)

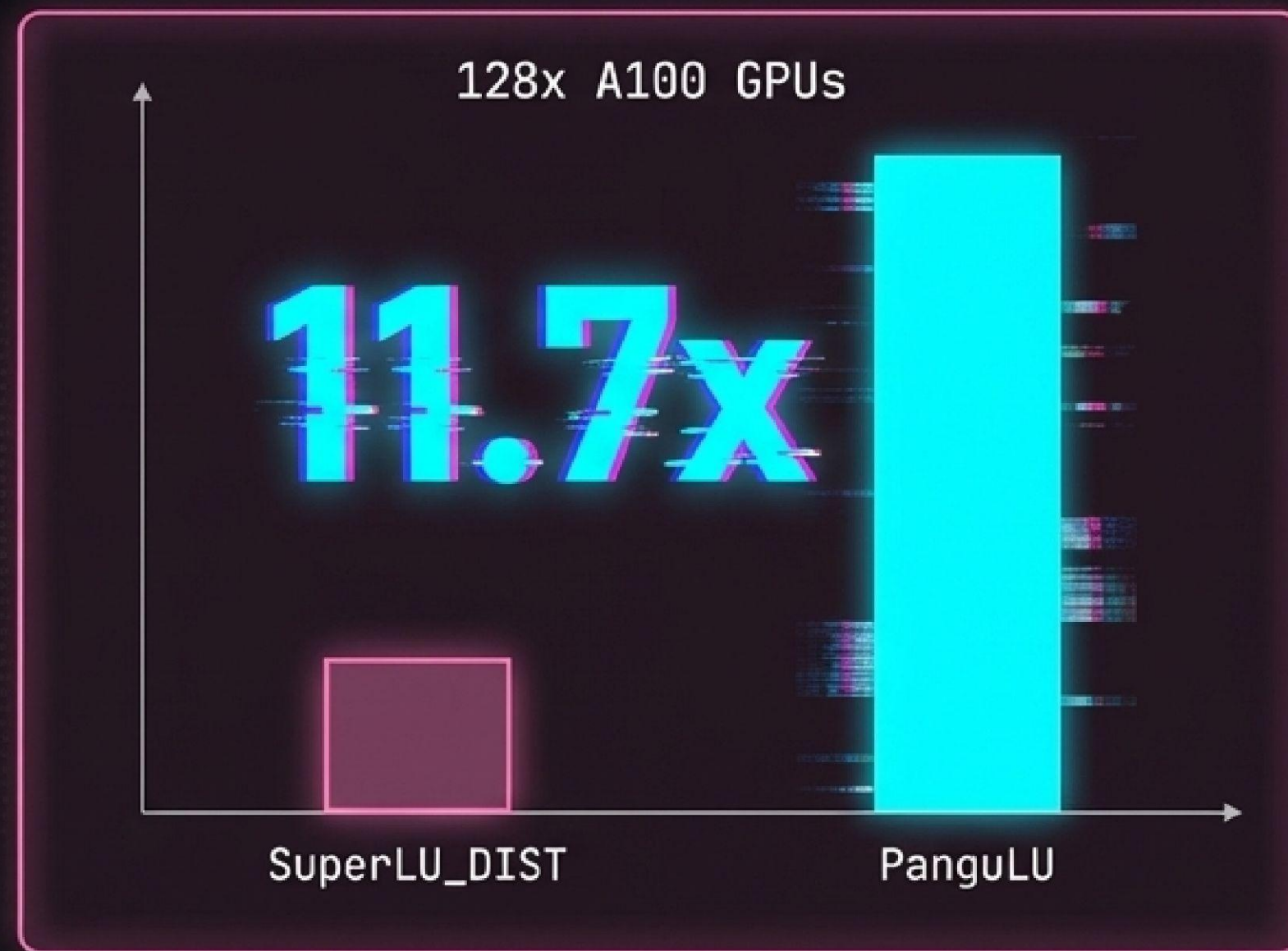
性能遥测 II: 分布式战场的范式转移

SuperLU_DIST



通信墙的突破 (Breaking the Communication Wall)

PanguLU



异构时代的绝对加速 (Absolute Acceleration in the Heterogeneous Era)

任务指令：为你的战场挑选计算武器

战场 (Battlefield)	PARDISO	MUMPS	SuperLU_DIST	PanguLU
电路仿真 (SPICE)	—	—	✓ (通用)	✓✓ (最优) 极致稀疏，不规则
结构工程 (FEM)	✓✓ (最优) 对称，稳定	✓✓ (最优) 数值鲁棒性	✓	—
流体力学 (CFD)	✓	✓	✓✓ (最优) 大规模非对称	✓ (潜力)

未来军备：通往2026的技术路线图



求解器正从纯CPU调度转向“GPU原生”与“通信规避”的双轮驱动。
未来属于算法与硬件的协同设计。

// FINAL_TRANSMISSION: DEBRIEF //

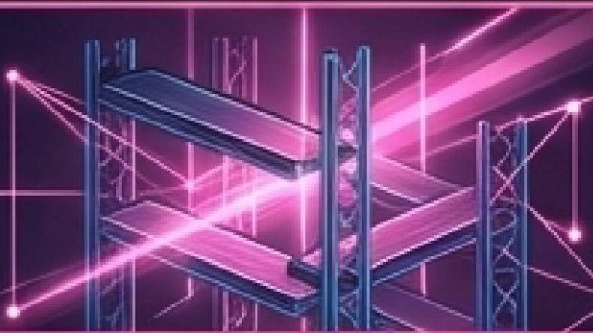
“在算力膨胀的时代，选择正确的算法，比堆砌更多的核心更具生产力。” In an era of exploding computing power, selecting the right algorithm is more productive than stacking more cores.

附录：非技术人员解码



PARDISO

Intel 提供的精密塔吊，完美适用于结构化建造。



MUMPS

能根据风速动态调整的智能支架，确保安全稳定。



SuperLU_DIST

在不同工地（节点）间快速转运材料的高铁网络。



PanguLU

用纳米机器人（稀疏核）在每个坐标点精准组装，不浪费一颗螺丝（零填充）。

// END_OF_LINE

- > Open Channel for Inquiries_
- > Contact_Intel: [Contact Information Placeholder]