

千万核可扩展大气动力学全隐式模拟

获奖: ACM Gordon Bell Prize (“戈登·贝尔” 奖——高性能计算应用领域世界最高奖)

文献: 10M-Core Scalable Fully-Implicit Solver for Nonhydrostatic Atmospheric Dynamics, Proc. 2016 IEEE/ACM Int'l Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC'16), 2016, pp. 6:1-12.

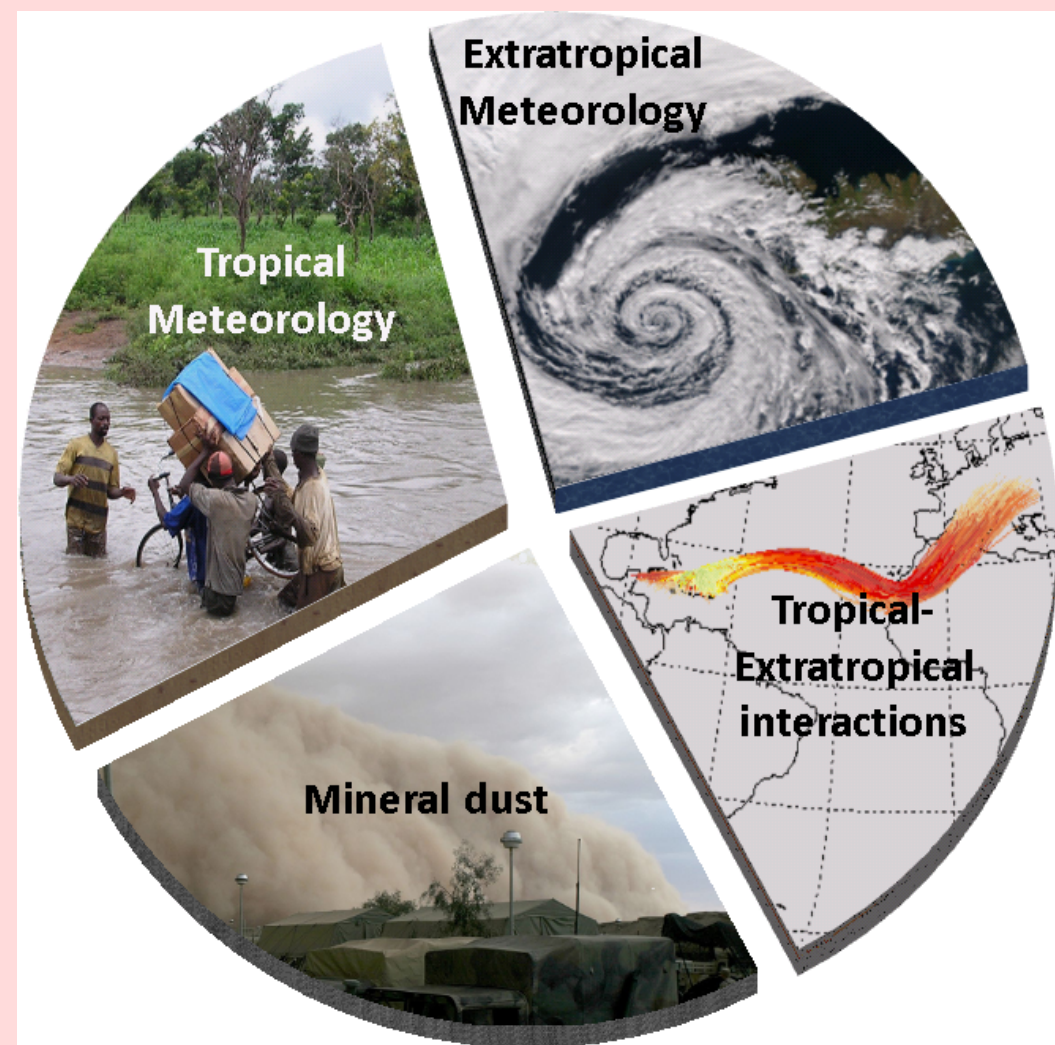
获奖者: 杨超、薛巍、付昊桓、尤洪涛、王欣亮、敖玉龙、刘芳芳、甘霖、许平、王兰宁等

联系人: 杨超 yangchao@iscas.ac.cn

1 背景介绍

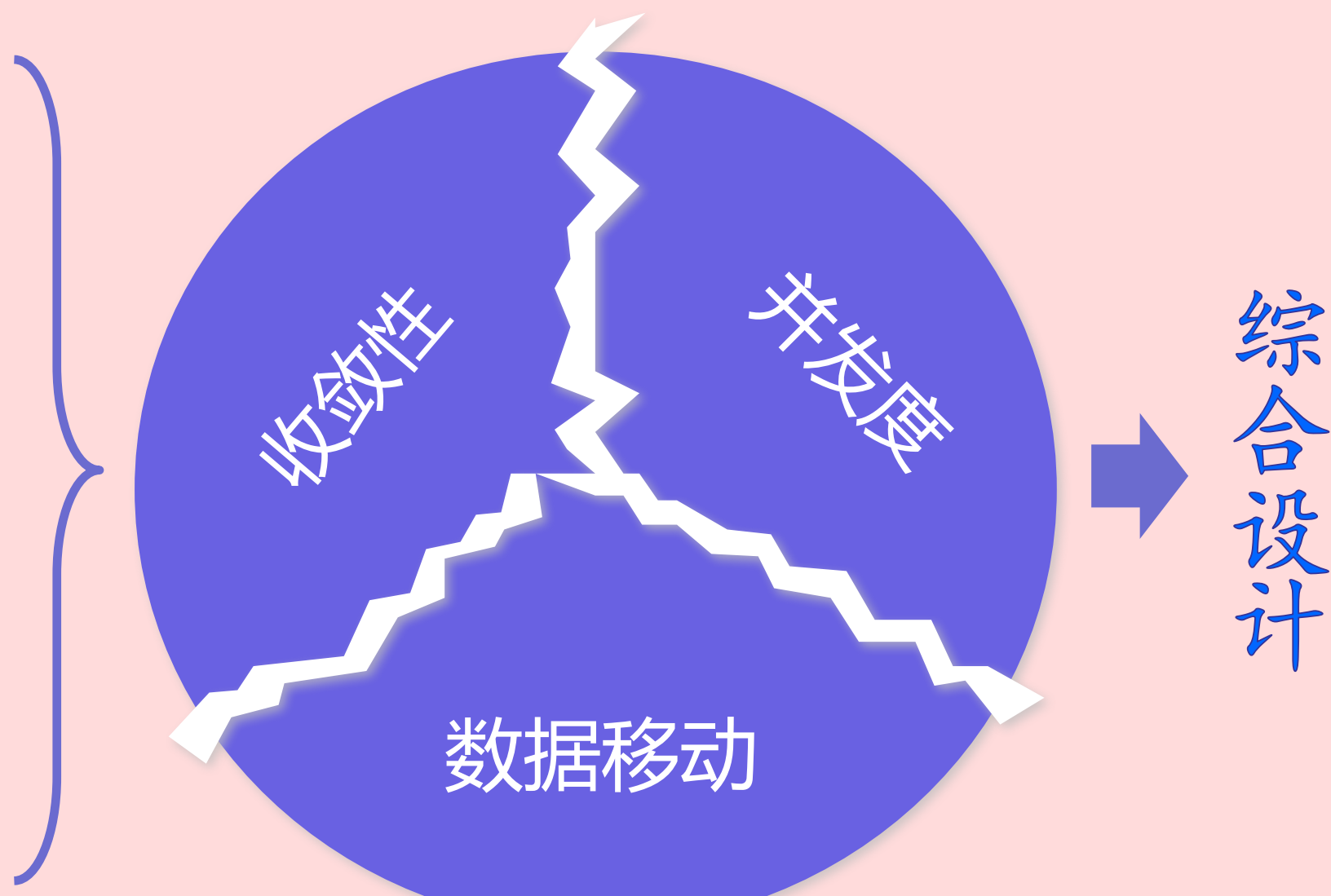


超级计算机



大气模拟应用

“神威·太湖之光” 超级计算机, 于2016年6月发布, 目前排名世界第一, 峰值性能125 PFLOPS, HPL性能93 PFLOPS, 拥有1064万个计算核心, 采用我国自主设计的申威异构众核处理器。

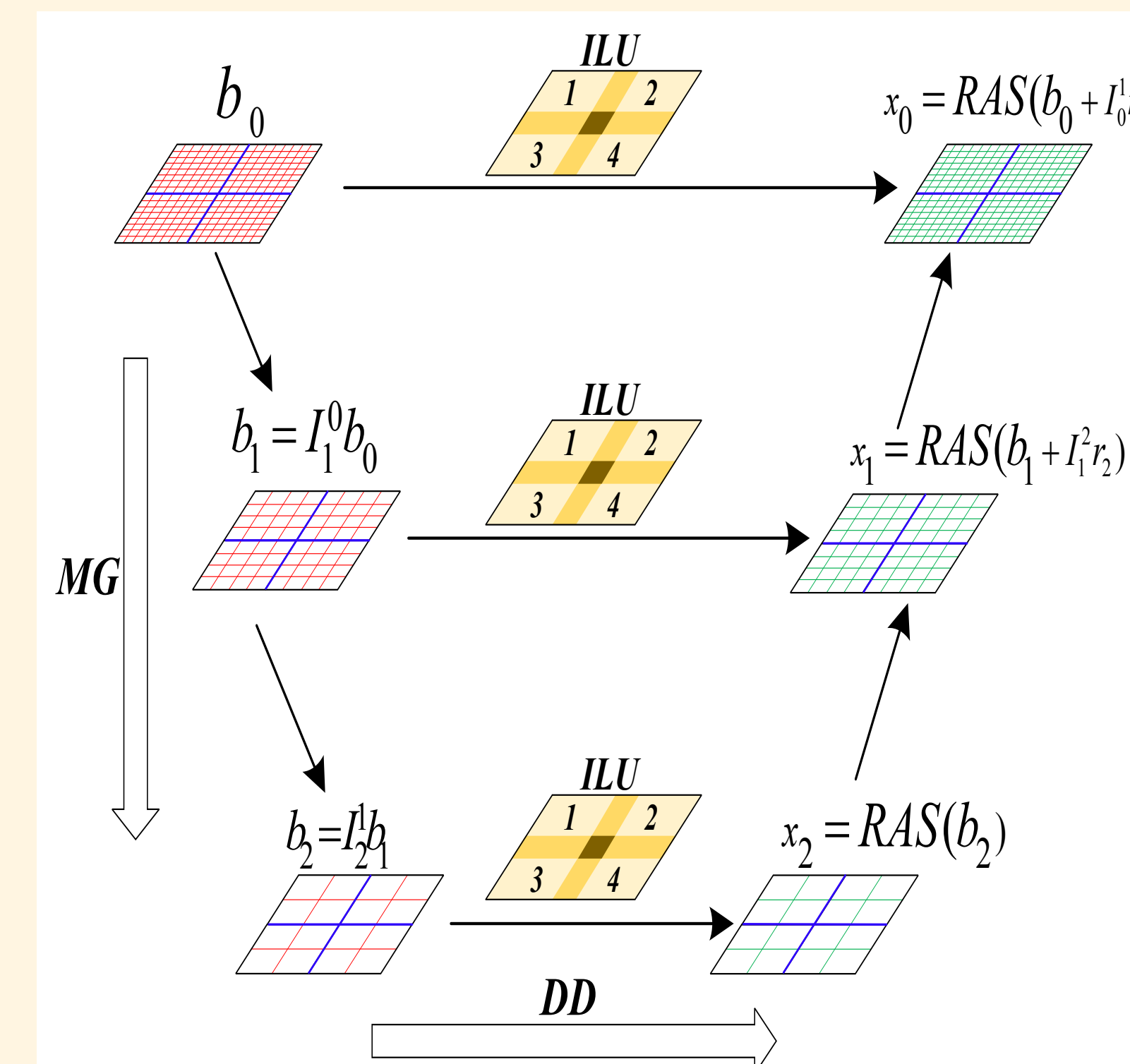


综合设计

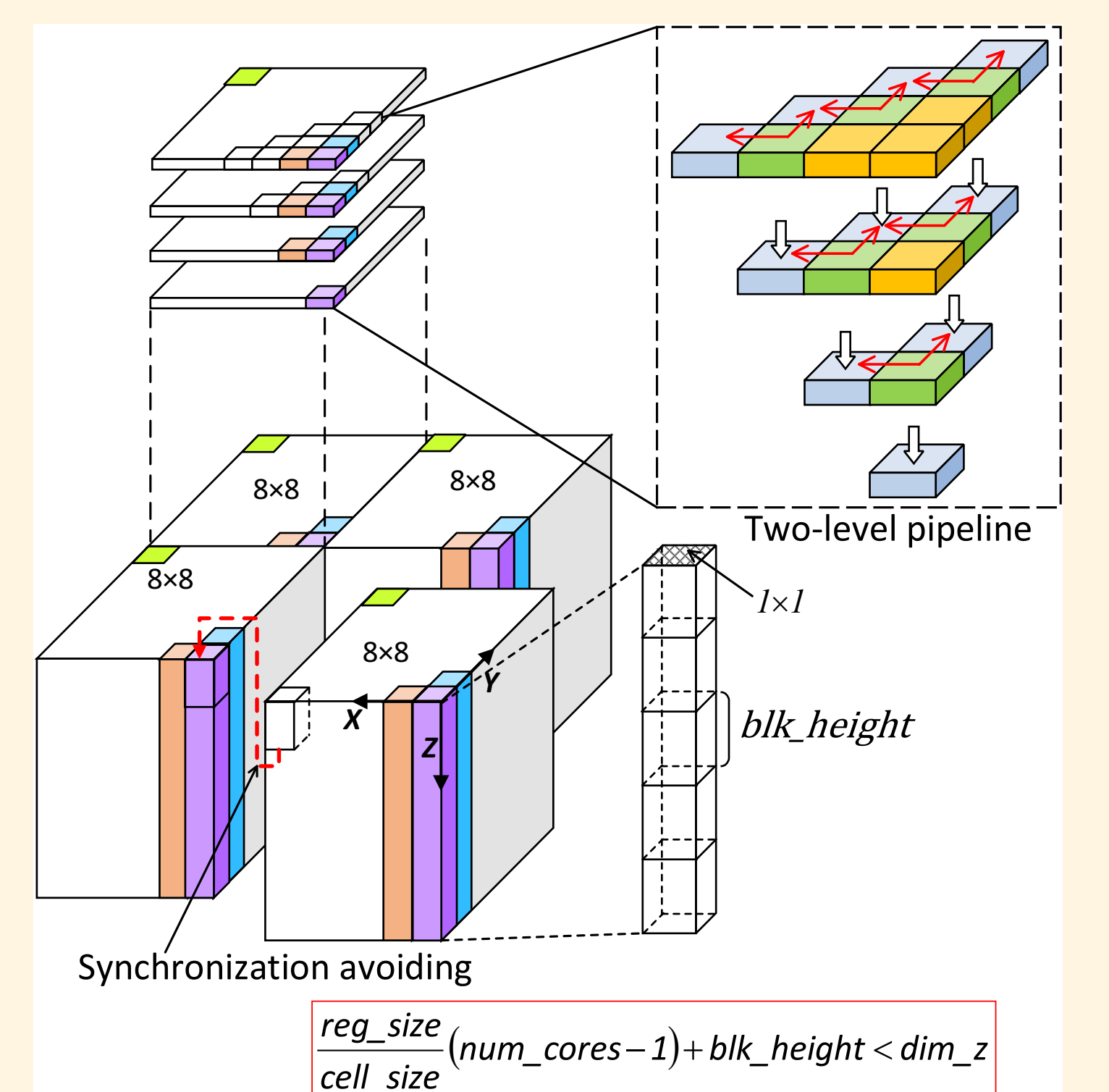
$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) &= 0, & \text{Continuity equation} \\ \frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v}) + \nabla_H \bar{p} + \rho' \mathbf{g} + 2\rho \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} &= 0, & \text{Momentum equation} \\ \frac{\partial (\rho e_T)}{\partial t} + \nabla \cdot ((\rho e_T + p) \mathbf{v}) &= 0, & \text{Energy equation} \\ \frac{\partial (\rho q)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho q \mathbf{v}) &= 0, & \text{Moisture equation} \end{aligned}$$

2 千万可扩展全隐式并行算法

$$163,840 \text{ processes} \quad 65 \text{ threads} \\ \text{racks} \quad \text{chips} \quad \text{core-groups} \quad \text{cores} \quad \text{total number of cores} \\ 40 \times 1,024 \times 4 \times 65 = 10,649,600$$

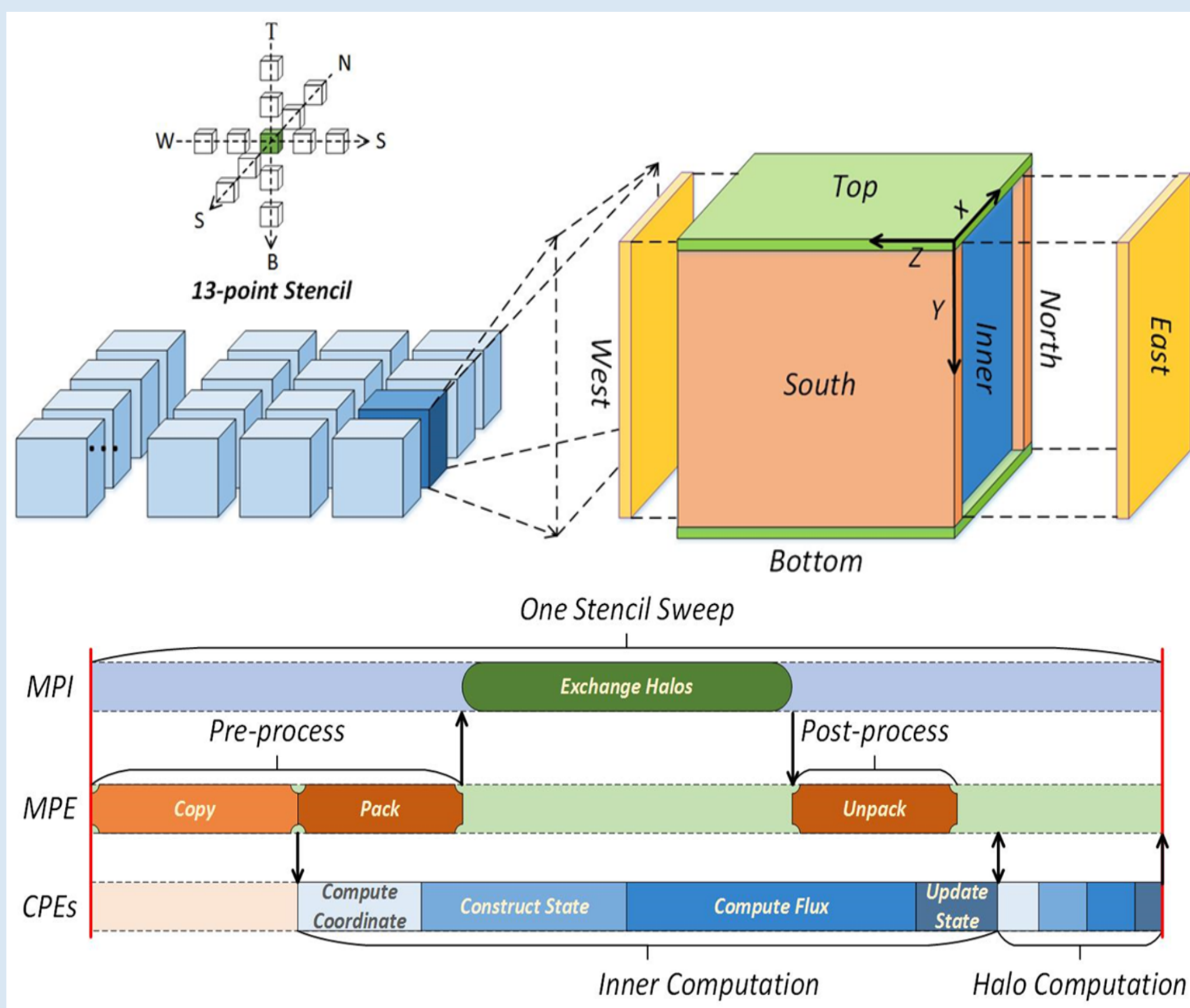
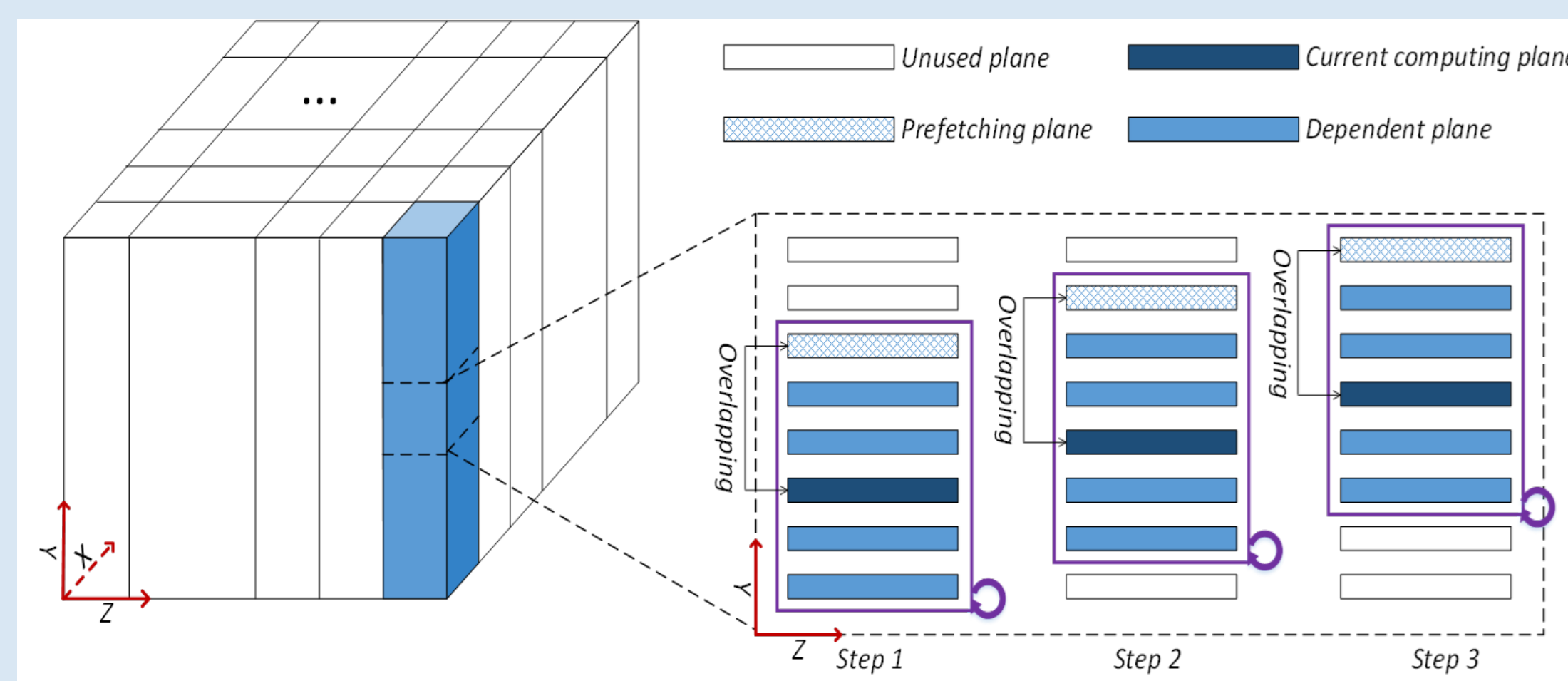


新型多重区域分解算法

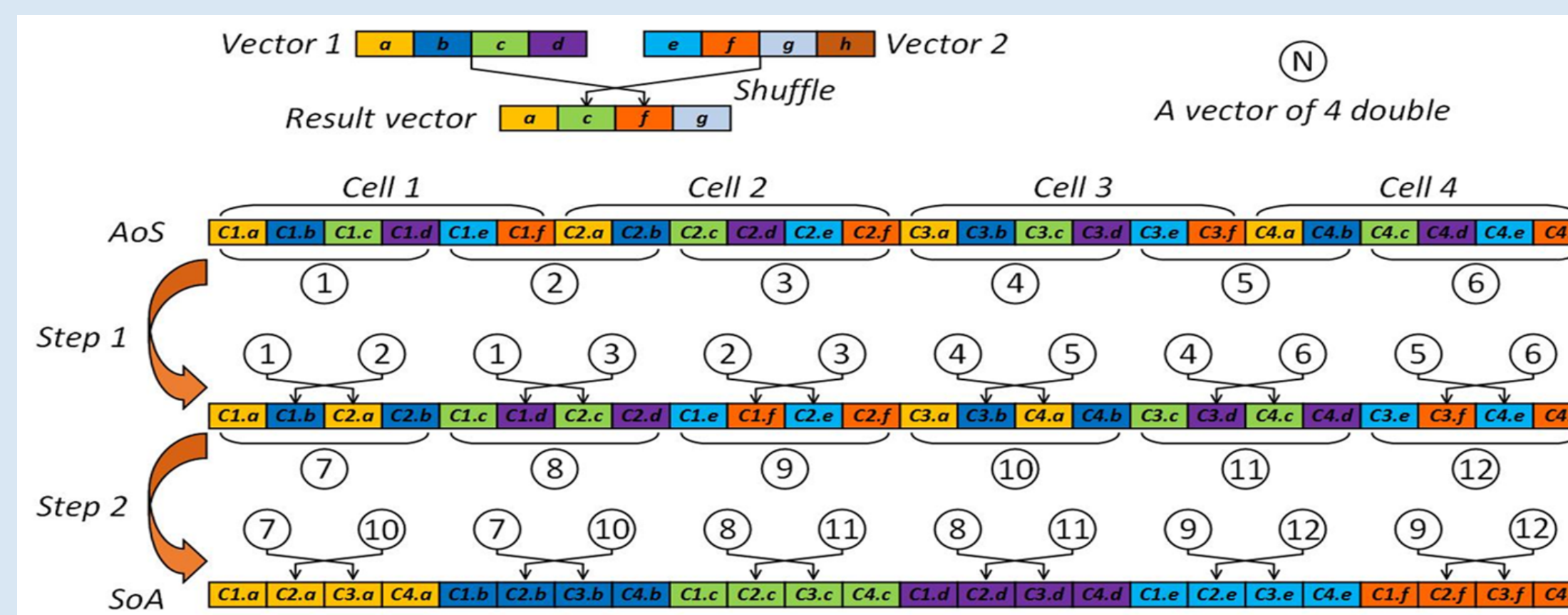


新型不完全矩阵分解算法

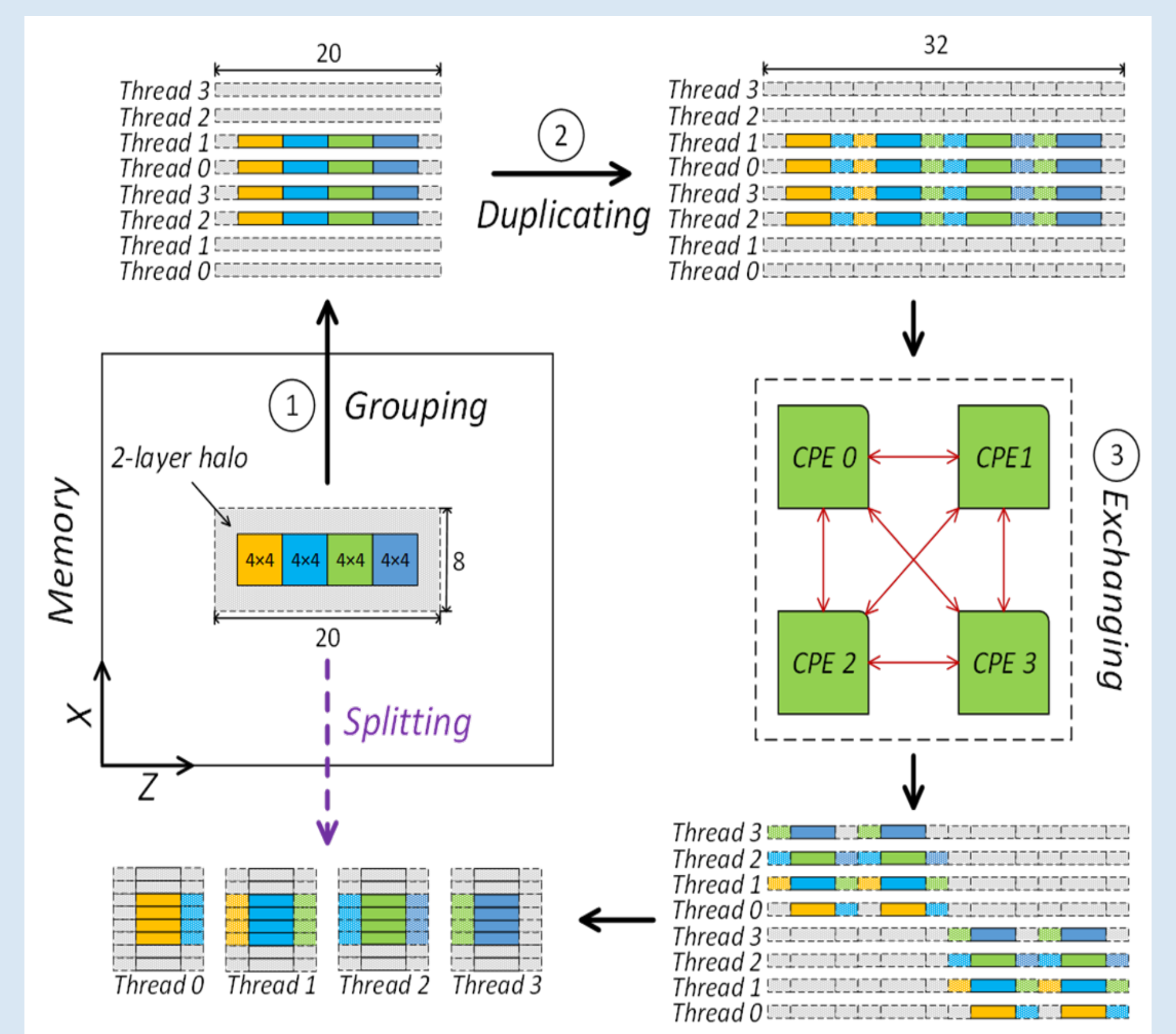
3 关键优化技术

基于异构子区域切分的
计算/通信重叠技术

局部性感知的分块技术

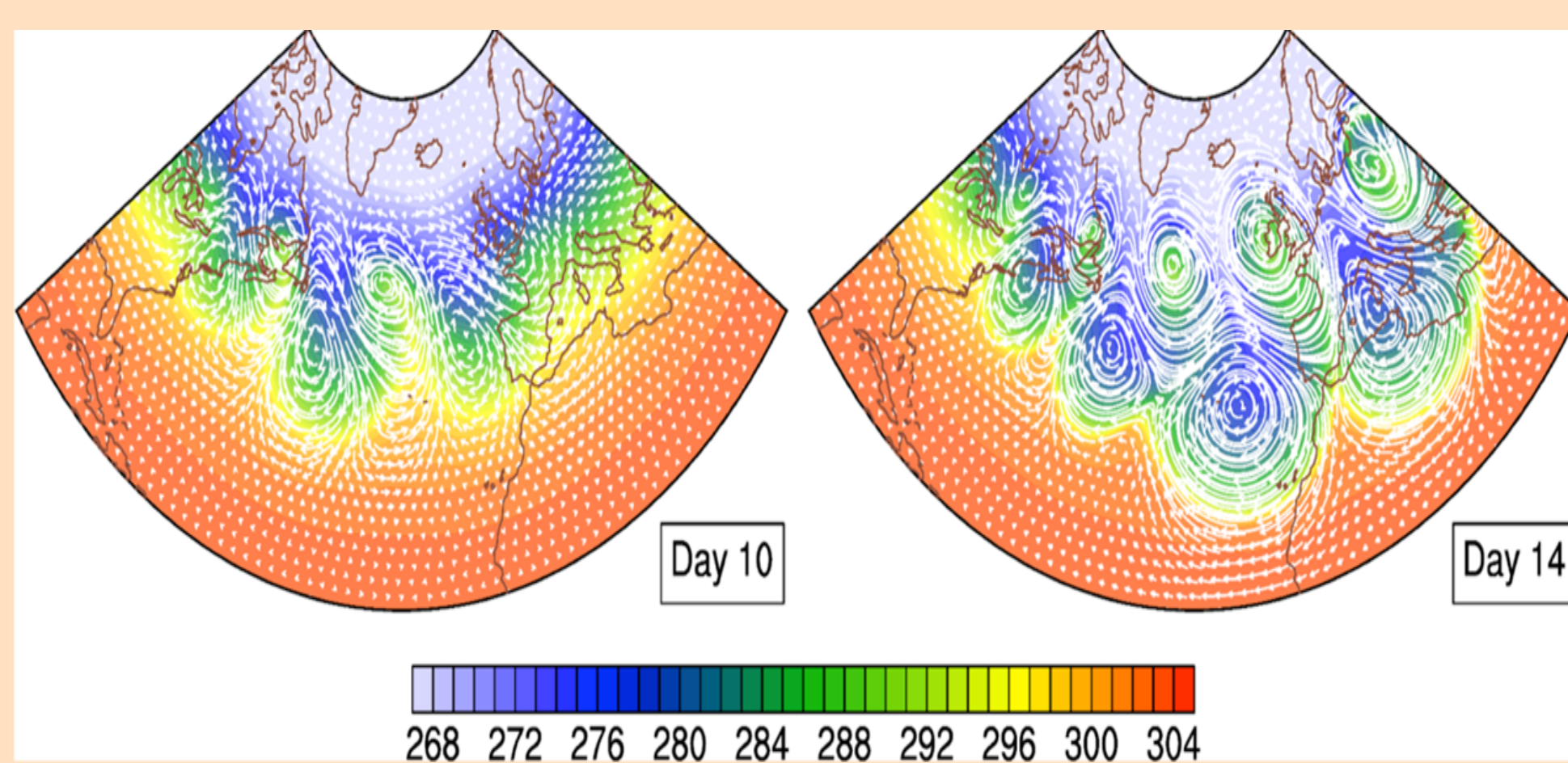


在线数据格式转换技术

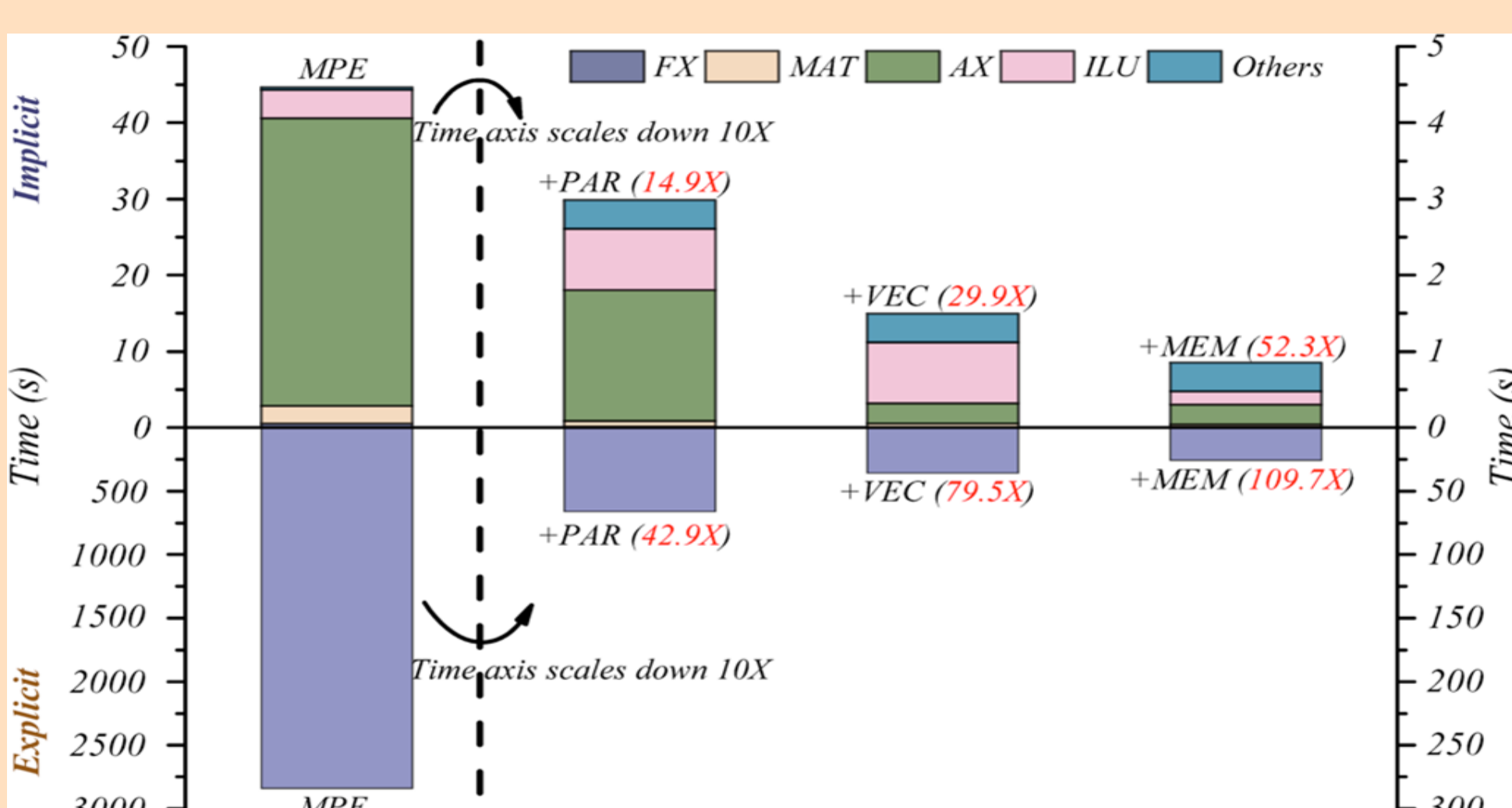
基于寄存器通信的核间
协作式数据访问技术

4 实验结果

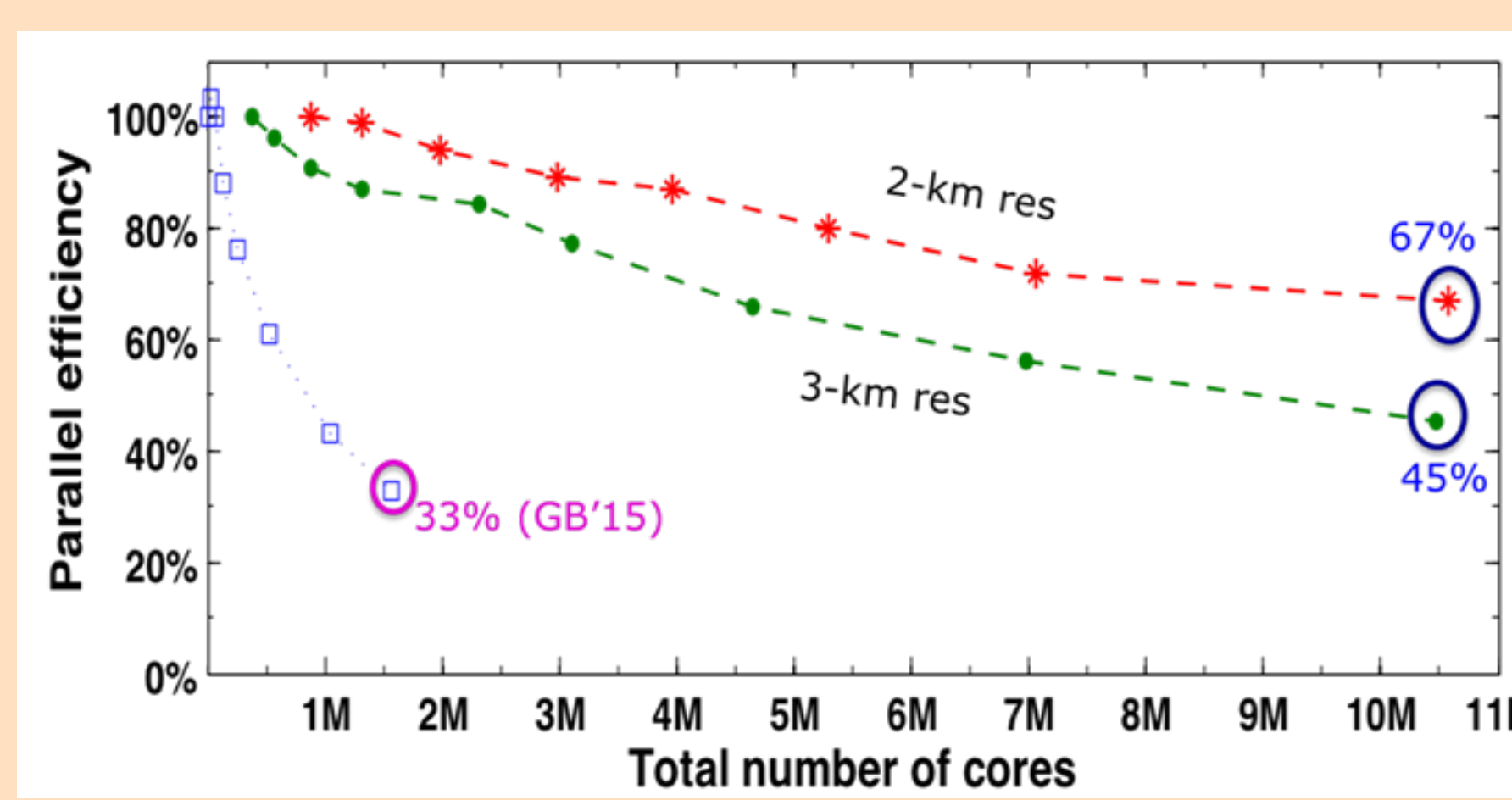
模拟结果



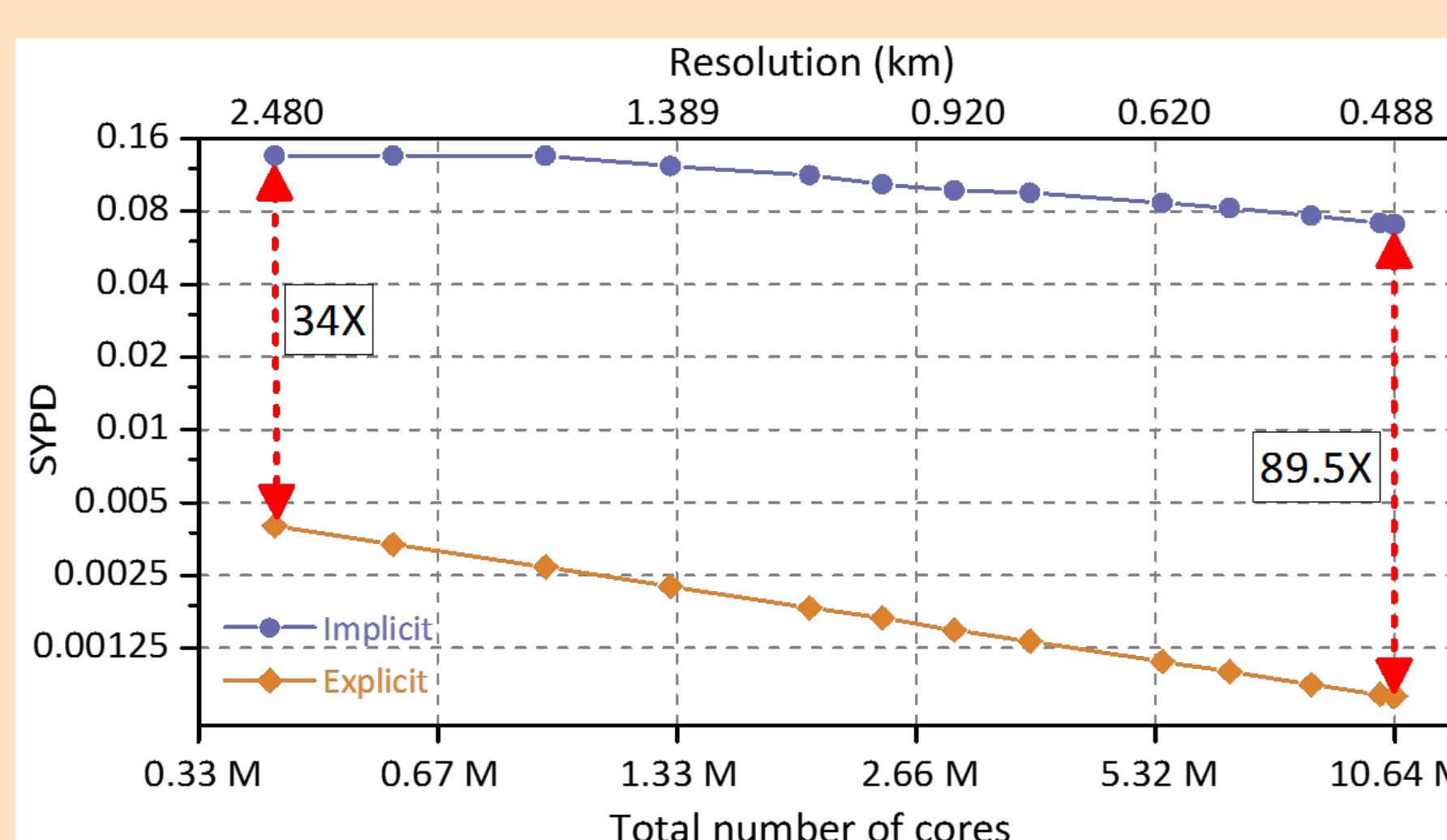
众核加速效果



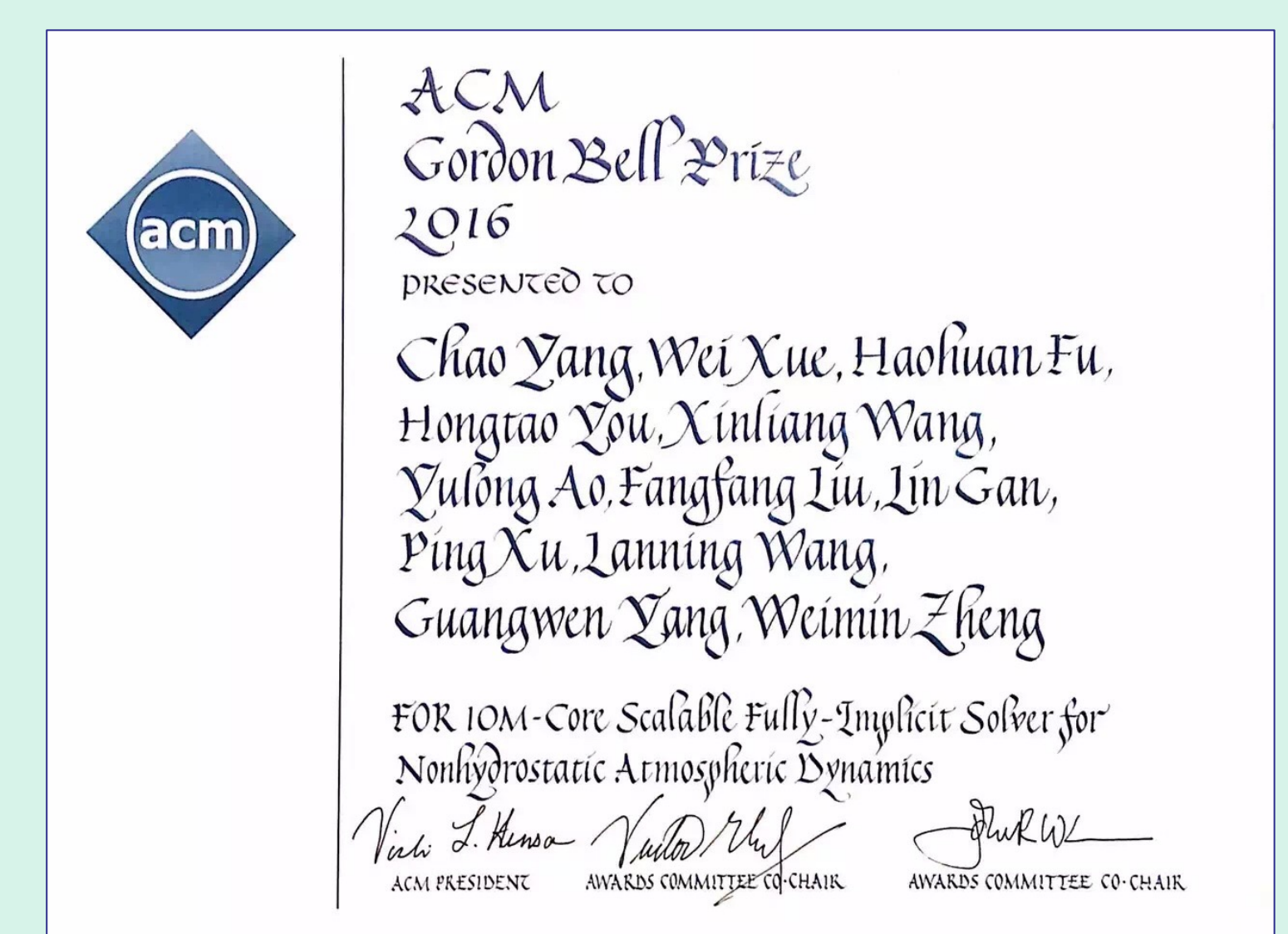
强扩展性



弱扩展性



5 颁奖现场和获奖证书



获奖证书