

# 并行计算

# Parallel Computing

主讲 孙经纬  
2024年 春季学期

# 概要

- 第一篇 并行计算硬件平台：并行计算机
  - 第一章 并行计算与并行计算机结构模型
  - 第二章 并行计算机系统互连与基本通信操作
  - **第三章 典型并行计算机系统介绍**
  - 第四章 并行计算性能评测

# 第三章 典型并行计算机系统介绍

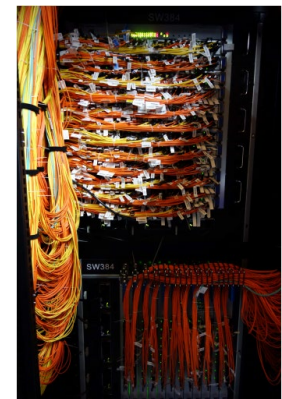
- 3.1 共享存储多处理机系统
  - 3.1.1 对称多处理机SMP结构特性
- 3.2 分布存储多计算机系统
  - 3.2.1 大规模并行机MPP结构特性
- 3.3 分布共享存储多计算机系统
  - 3.3.1 分布共享存储计算机系统特性
- 3.4 机群系统
  - 3.4.1 大规模并行处理系统MPP机群SP2
  - 3.4.2 工作站机群COW

超级计算机

天河二号

# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · 建造情况

网站	<a href="http://www.nscg-gz.cn/">http://www.nscg-gz.cn/</a>
制造商	国防科大 (NUDT) & Inspur
位置	国家超算中心 (广州) NSCC-GZ
占地面积	720 $m^2$
研发人员	约1300人
耗资	\$390 million
首次进入Top500	2013.6
概况	170个机柜, 包括125个计算机柜、8个服务机柜、13个通信机柜、24个存储机柜



# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · 机器情况

Hardware		Software	
Architecture	TH-IVB-FEP Cluster	Operating System	Kylin Linux
Processor	Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz	Compiler	icc
Accelerator	Intel Xeon Phi 31S1P	Math Library	Intel MKL-11.0.0
Cores	3,120,000	Power Consumption	
Memory	1,024,000 GB		
Interconnect	TH Express-2		
		Power	17,808.00 kW

Performance	
Linpack Performance(Rmax)	33,862.7 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	54,902.4 TFlop/s
Nmax	9,960,000

• Linpack Performance(Rmax)

• Theoretical Peak (Rpeak)

Upper bound on performance

Measure of floating-point rate of execution

G T P E Z Y

# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · in the Top500

33PFlop/s

Performance  
&  
Rank

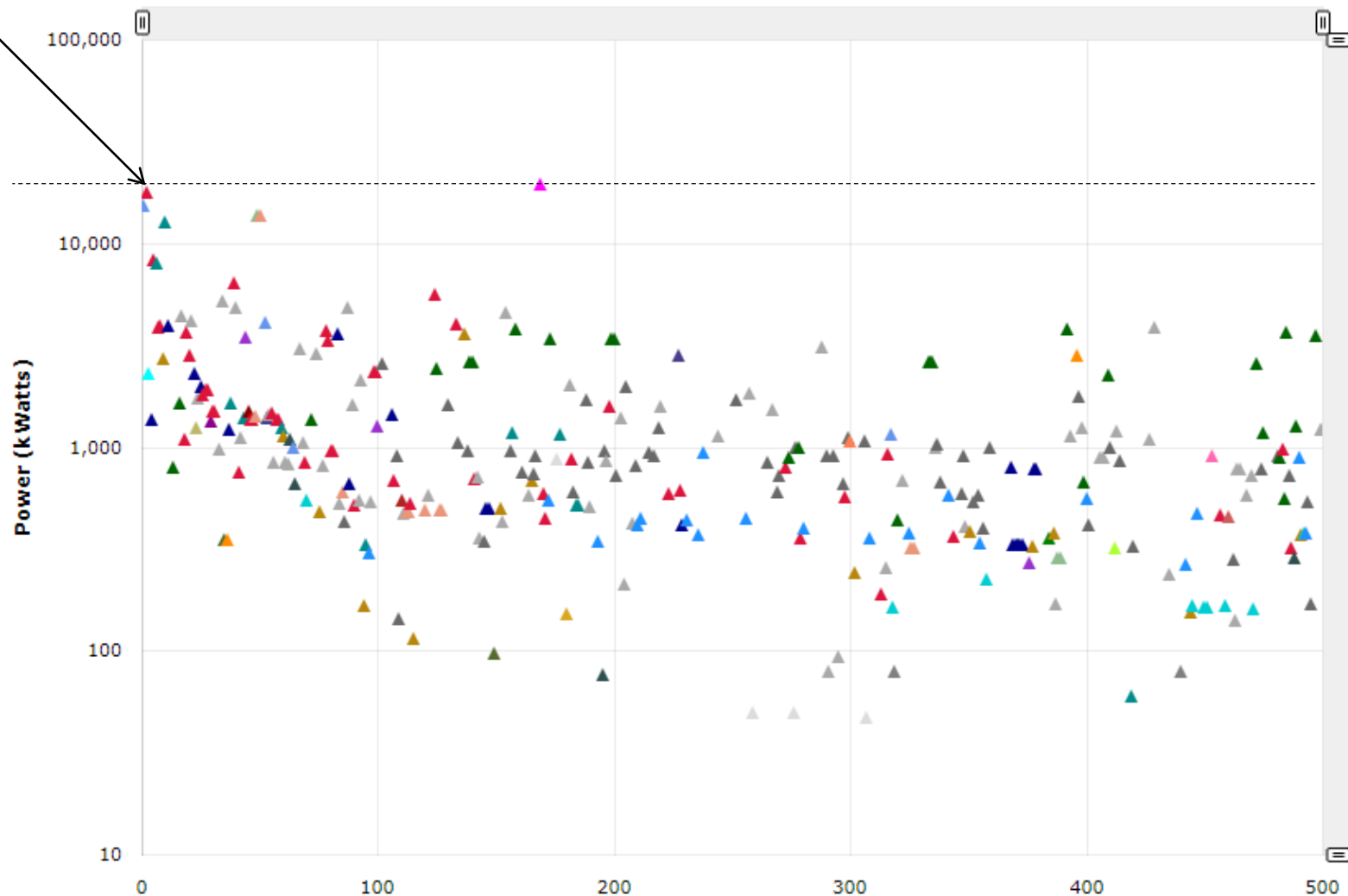
#1  
2013.6~2015.11



# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · in the Top500

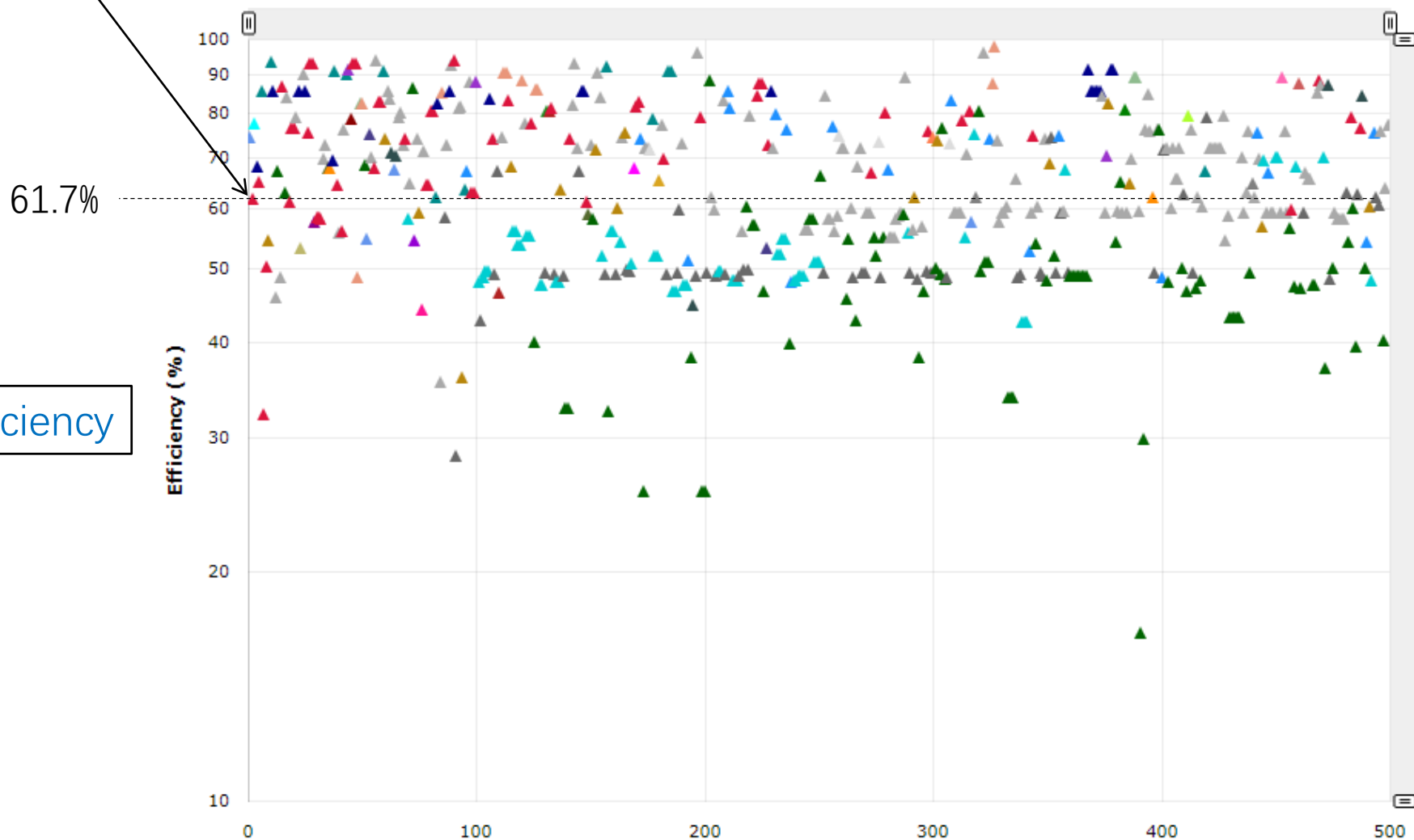
17,808

Power





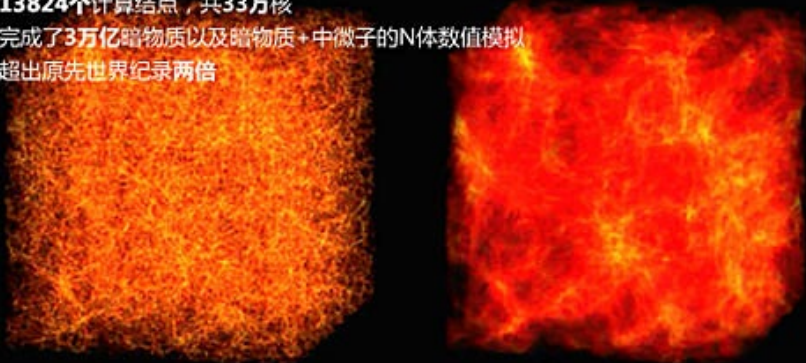
# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) ▪ in the Top500



# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · 应用

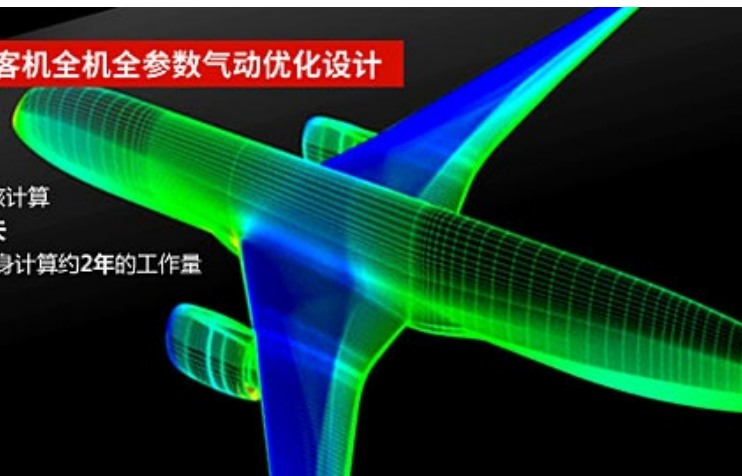
## 中微子与宇宙大尺度结构的N体数值模拟

13824个计算结点, 共33万核  
完成了3万亿暗物质以及暗物质+中微子的N体数值模拟  
超出原先世界纪录两倍



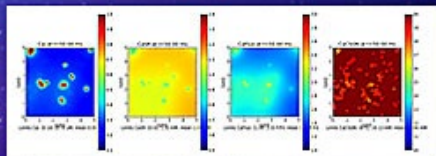
## 商用客机全机全参数气动优化设计

2.4万核计算  
计算6天  
完成自身计算约2年的工作量



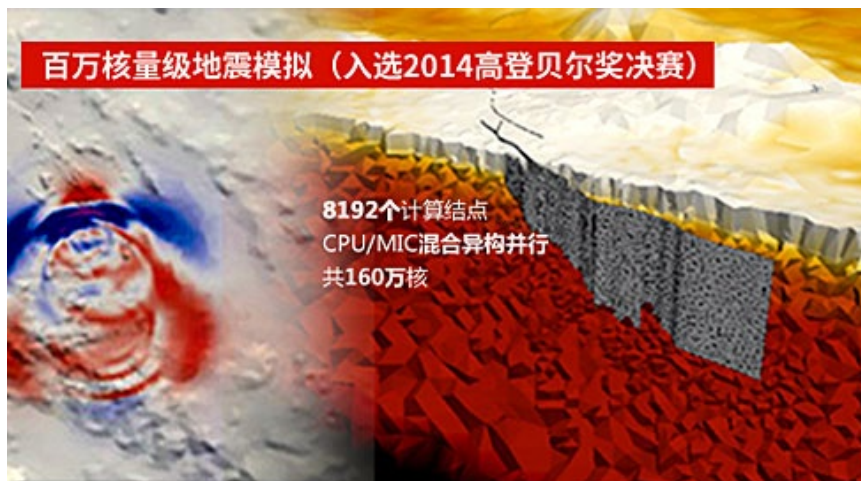
## 心脏亚细胞钙离子动力学模拟※CPU/MIC异构并行

4096个计算结点, 共80万核进行50ms的模拟



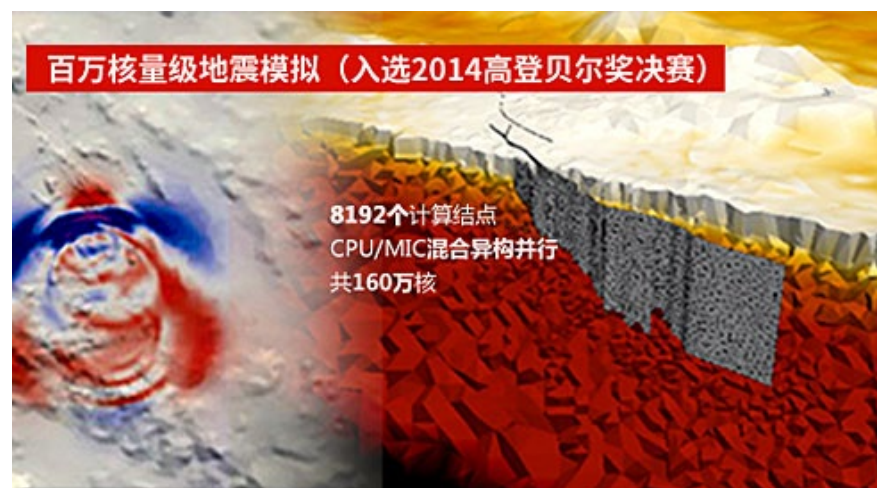
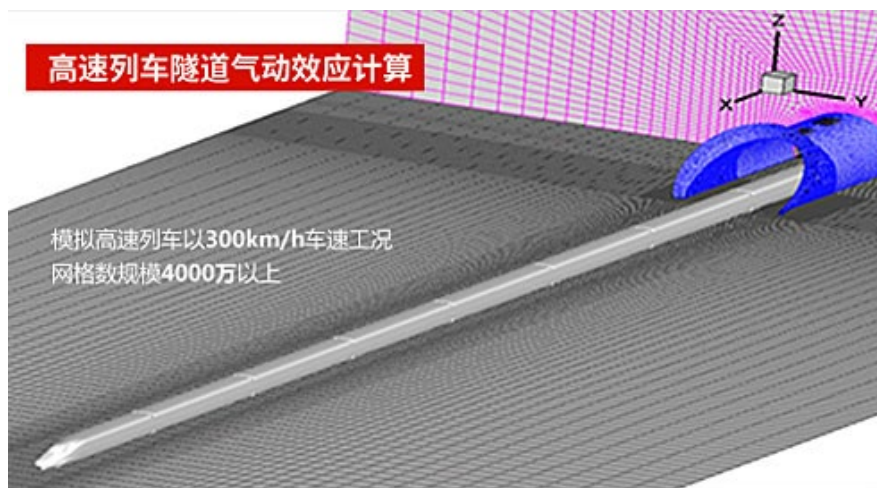
## 百万核量级地震模拟 (入选2014高登贝尔奖决赛)

8192个计算结点  
CPU/MIC混合异构并行  
共160万核





# 天河二号 (Tianhe-2/MilkyWay-2) · 应用



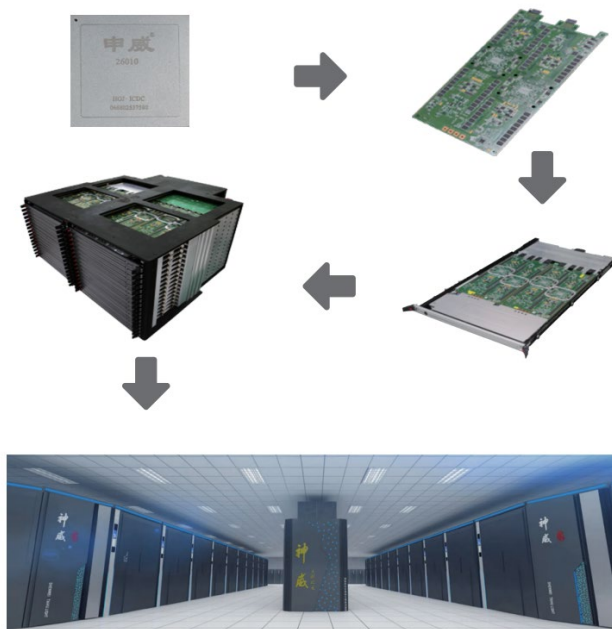
天河二号 & 神威·太湖之光

超级计算机

神威·太湖之光

# 神威·太湖之光 (Sunway TaihuLight) · 建造情况

网站	<a href="http://www.nscctx.cn/">http://www.nscctx.cn/</a>
制造商	国家并行计算机工程技术研究中心 (NRCPC)
位置	国家超算中心 (无锡, 江苏) NSCC-Wuxi
耗资	\$273 million
首次进入Top500	2016.6



# 神威 · 太湖之光（Sunway TaihuLight） · 机器情况

Hardware		Software	
Architecture	Sunway MPP !	Operating System	Sunway RaiseOS
Processor	Sunway SW26010 260C 1.45GHz !	Parallel Programming	MPI, OpenMP, OpenACC !
Cores	10,649,600		
Memory	1,310,720 GB	Power Consumption	
Interconnect	Sunway !	Power	15,371.00 kW

Performance	
Linpack Performance(Rmax)	93,014.6 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	125,436 TFlop/s
Nmax	12,288,000

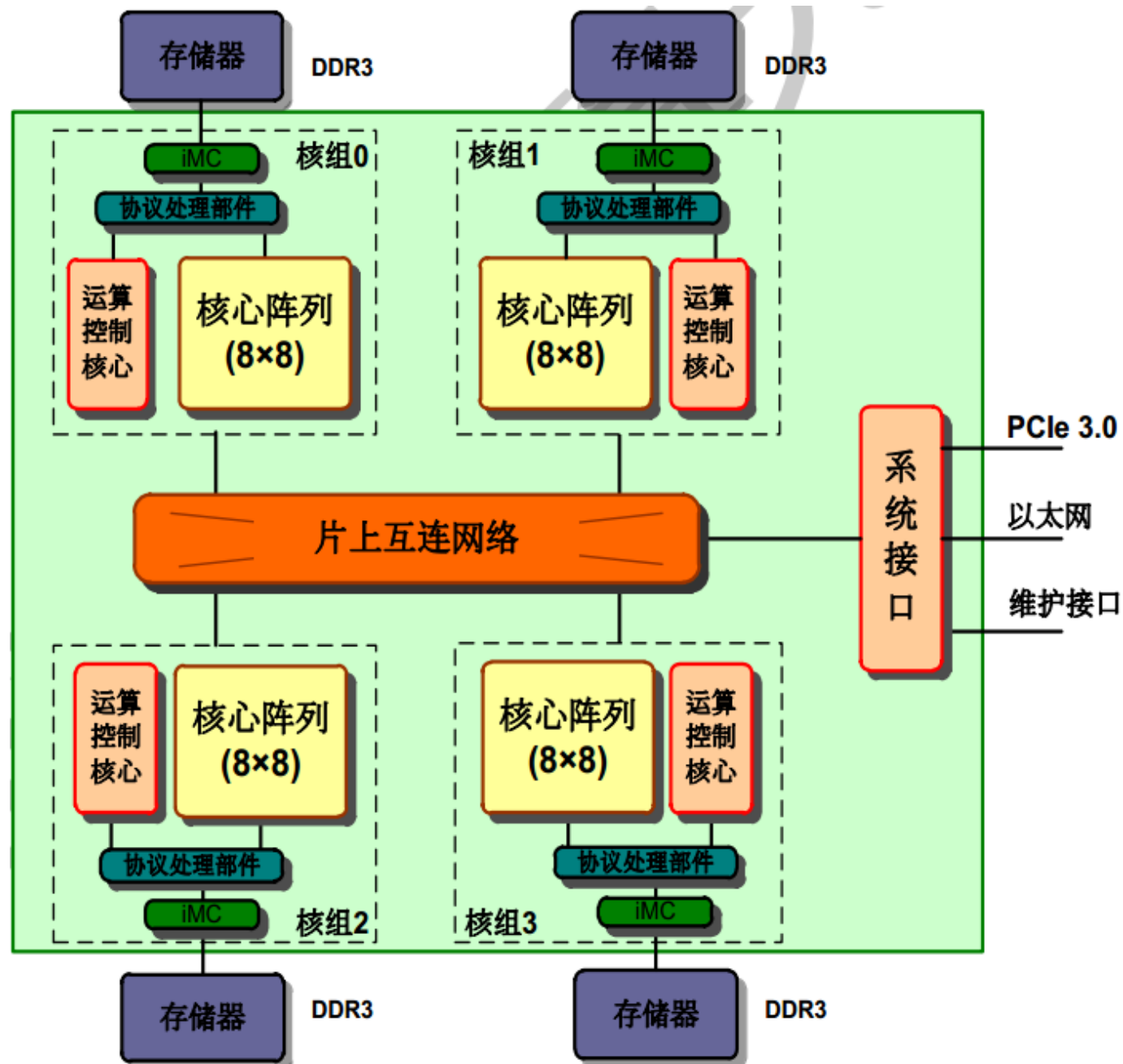
• Linpack Performance(Rmax)

• Theoretical Peak (Rpeak)

• Upper bound on performance

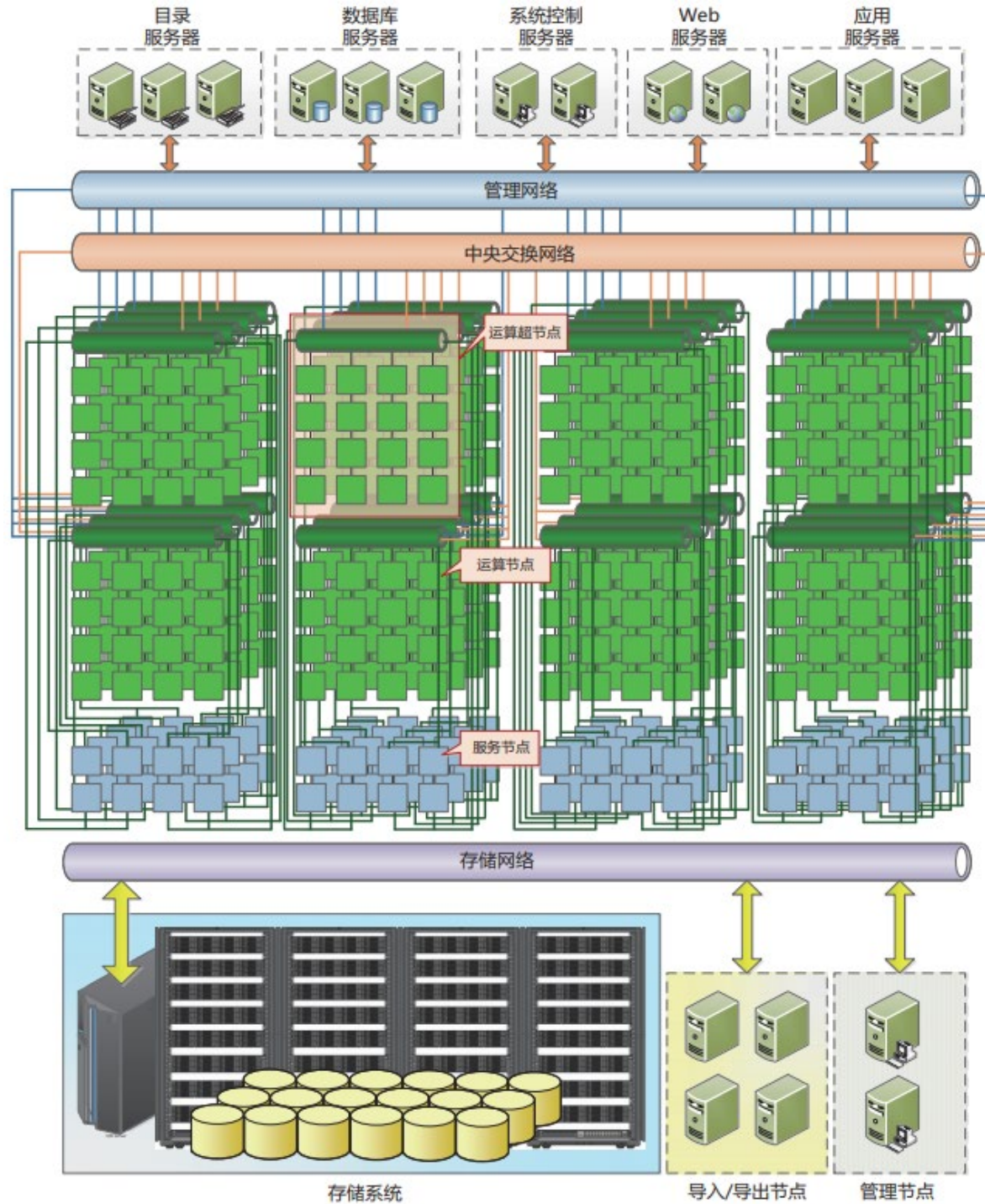
• Measure of floating-point rate of execution

“申威 26010”  
众核处理器

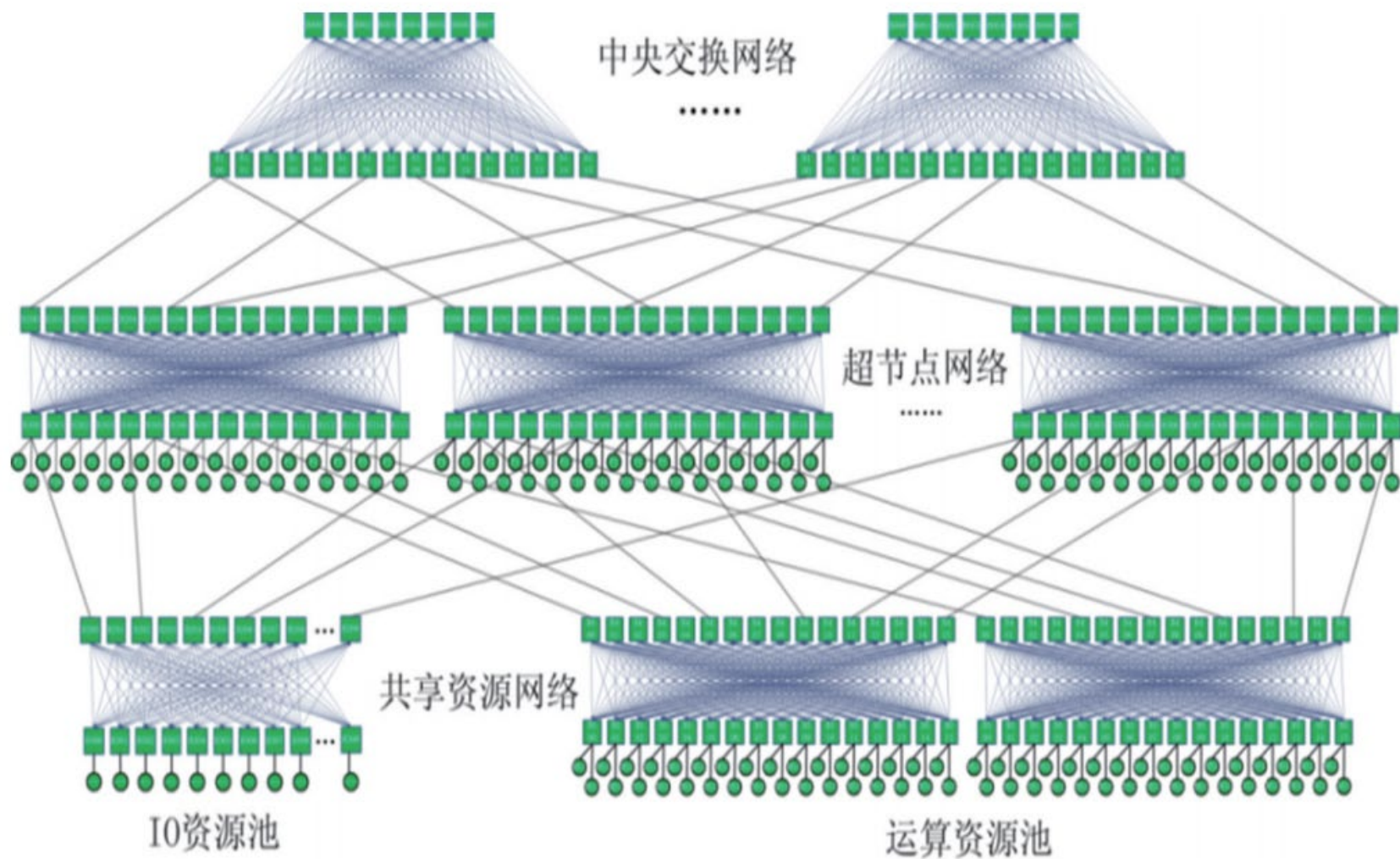




## 整体设计







互连方式

## 软件系统

### 并行应用

#### 并行开发环境

- 集成开发环境
- 并行调试
- 性能监测

#### 并行语言及编译环境

- OpenACC
- MPI
- OpenMP

#### 国产众核CPU基础软件

##### 基础编译系统

- C / C++, Fortran
- SIMD 扩展接口
- 异构代码生成

##### 基础函数库

- C 库
- 加速线程库
- 数学库

##### 自动向量化系统

- C / C++, Fortran
- 循环级向量化
- 向量代码优化

#### 并行操作系统环境

- 作业管理
- 容错管理
- 资源管理
- 系统开工
- 功耗管理
- 安全管理
- 网络管理

#### 高性能存储管理系统

- SWGFS并行文件系统
- LWFS 轻量级文件系统
- 存储管理平台

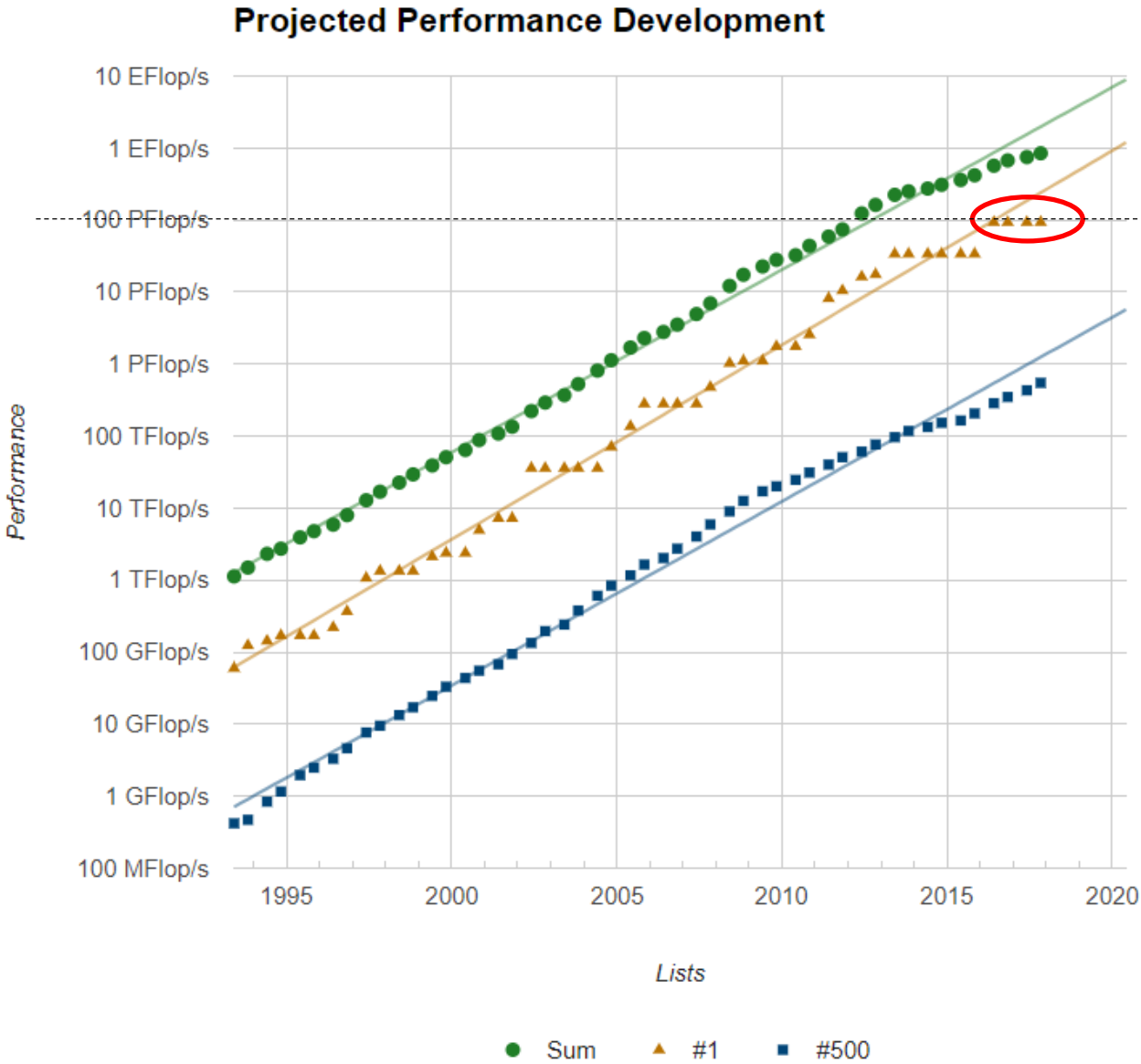
### “神威·太湖之光”计算机系统

# 神威 · 太湖之光 (Sunway TaihuLight) · in the Top500

93PFlop/s

Performance  
&  
Rank

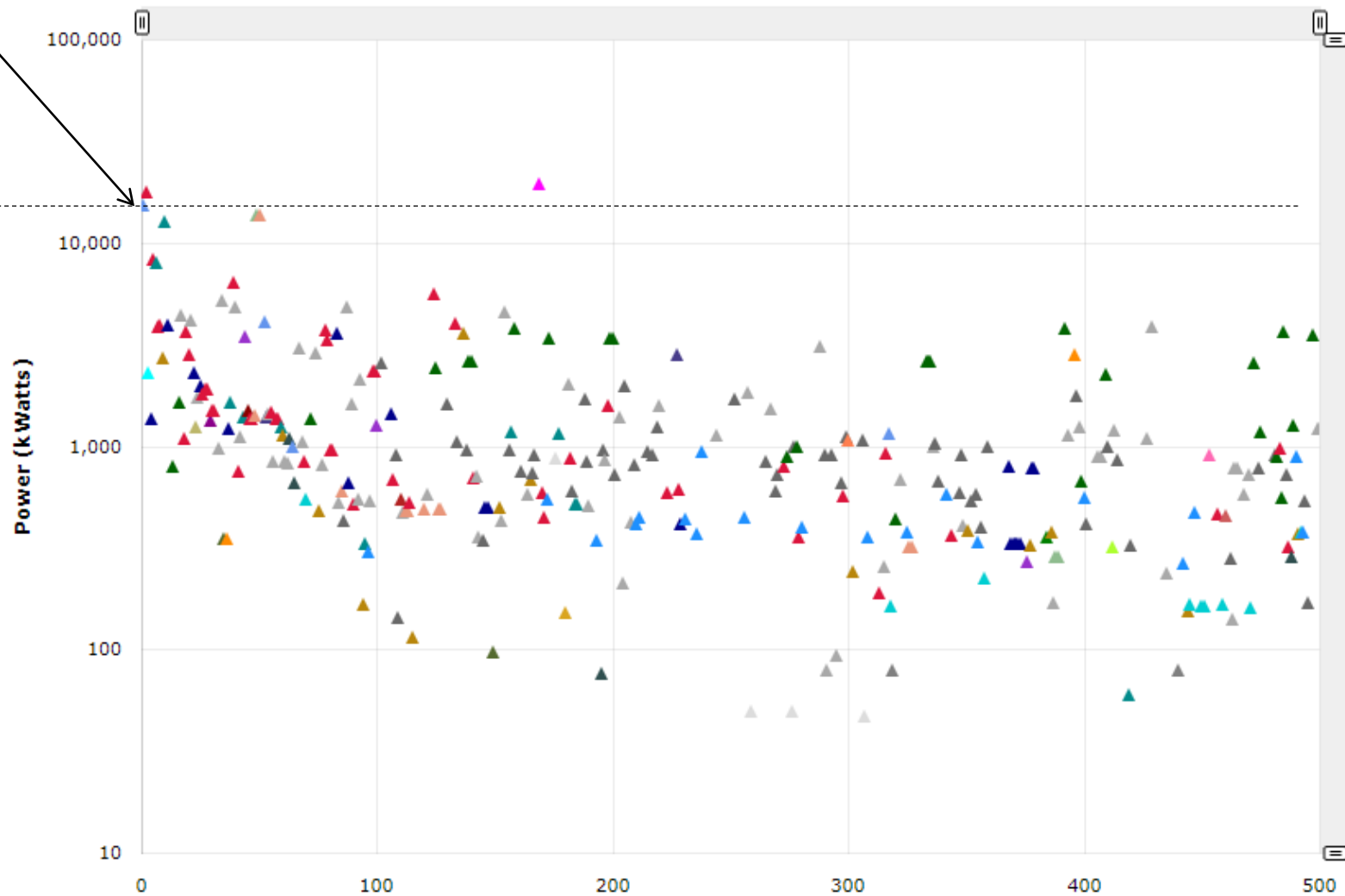
#1  
2016.6~2017.11



# 神威 · 太湖之光 (Sunway TaihuLight) · in the Top500

15,371

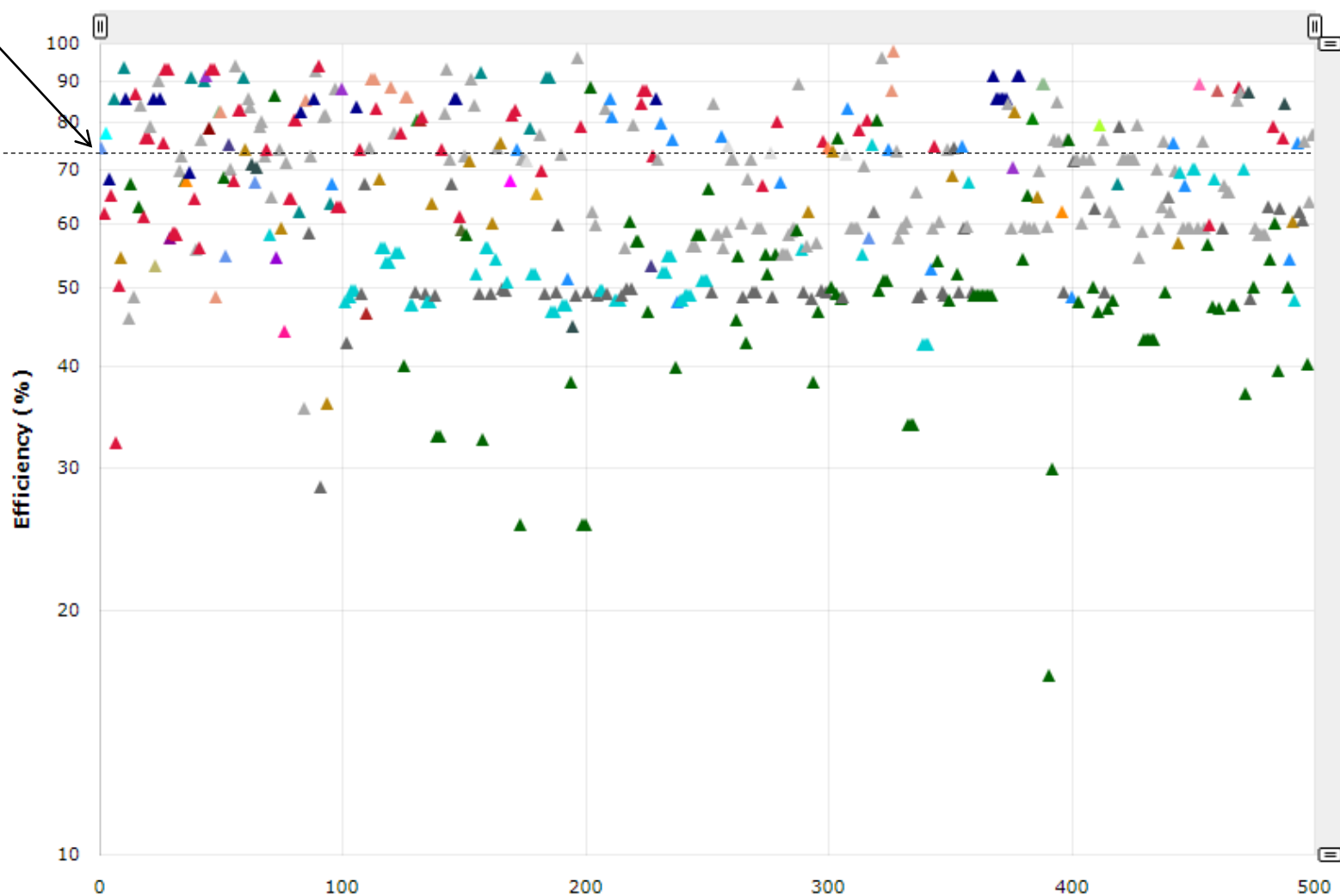
Power



# 神威 · 太湖之光 (Sunway TaihuLight) · in the Top500

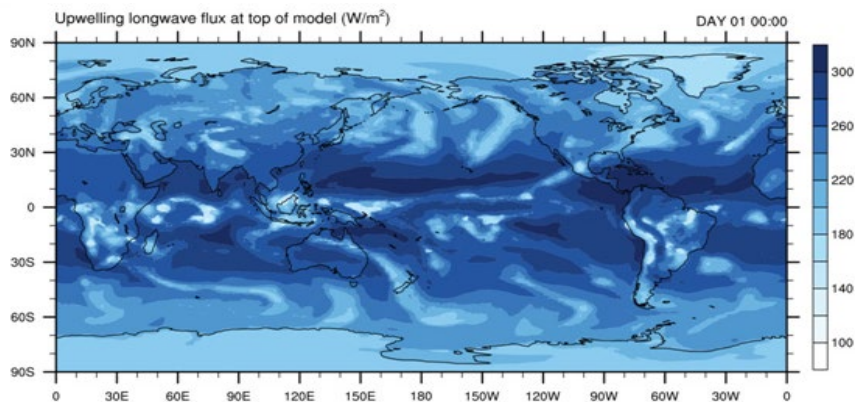
74.2%

Efficiency





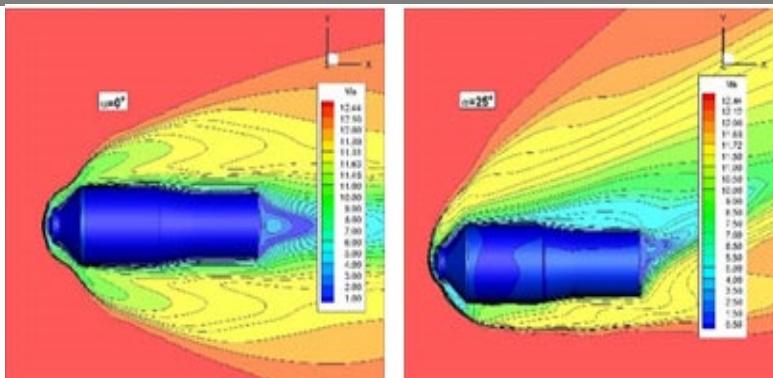
# 神威·太湖之光 (Sunway TaihuLight) · 应用



基于国产平台的国产地球系统模式



真实感动漫渲染系统



航天飞行器统一算法数值模拟




岛礁建设浮式平台

## 参考资料

<https://www.top500.org>

<http://www.nscg-gz.cn>

<http://www.nscgwx.cn>

神威·太湖之光 宣传手册 

<https://en.wikipedia.org/wiki/Tianhe-2>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Sunway\\_TaihuLight](https://en.wikipedia.org/wiki/Sunway_TaihuLight)

Visit to NUDT, Jack Dongarra 

<http://tech.hexun.com/2013-07-17/156240746.html>