

# 天河

## 天河系列超级计算机应用创新发展与 系统介绍



国家超级计算天津中心

管晓东

- 2009年5月：国家科技部批准成立国家超级计算天津中心
- 2009年6月：滨海新区管委会、国防科技大学、天津开发区，联合签署“国家超级计算天津中心”共建协议
- 2009年12-2010年9月：完成计算机机房、变电站、制冷站和办公区的基建工作；完成“天河一号”超级计算机的安装与调试
- 2010年11月：“天河一号”超级计算机在世界HPC TOP500位列第一，是中国超级计算机首次获得世界冠军
- 2016年7月：百亿亿次“天河三号”超级计算机验证系统科技部立项开始研制
- 2018年7月：百亿亿次“天河三号”超级计算机验证系统研制成功并部署中心，目前正在逐步开放进行测试与使用
- 2019年3月：百亿亿次“天河三号”超级计算机整机系统研制项目科技部答辩通过，目前正在研制

### ■ 构建有超算中心、云计算中心、电子政务中心、大数据和人工智能研发环境

- 为全国的科研院所、大学、重点企业提供了广泛的高性能计算、云计算、大数据等高端信息技术服务
- 目前服务的政府、企业及科研院所用户数已超过千家
- 设有北大、中科大、天大、南开等十余家分中心和中科院等机构的联合实验室

### ■ 我国综合能力最强的超级计算中心



# 天河

## 天河系列超级计算机发展历程

1978年，由小平批准，国防科大开始研制“银河-1”

从此，开始了中国研制超级计算机的艰难和辉煌的历程



银河-I  
1亿次, 1983



银河-II  
10亿次, 1992



银河-III  
130亿次, 1997



银河-IV  
1万亿次, 2001



银河-V  
30万亿次, 2007



天河一号  
4700万亿次, 2010



天河二号  
5.49亿亿次, 2013



天河三号  
百亿亿次原型机, 2018

# 天河



时任国家主席胡锦涛同志为“天河一号”超级计算机研制成功题名

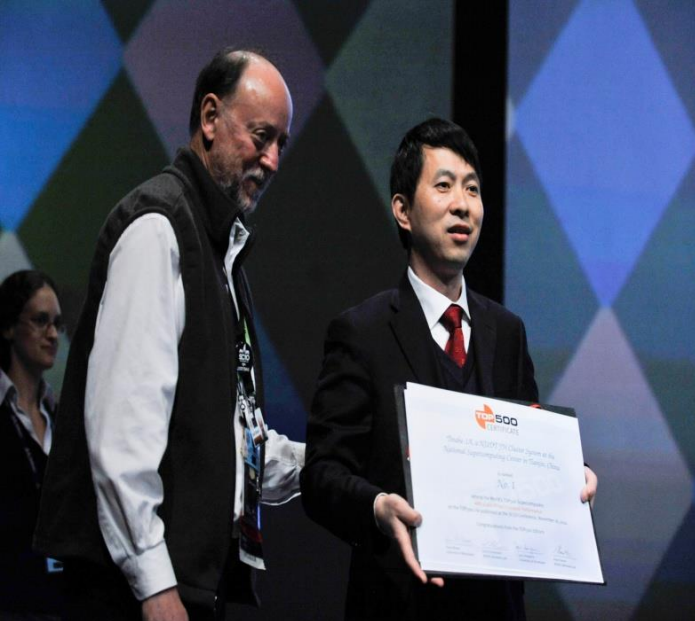




天河

习主席视察天河一号超级计算机

2011年3月，2013年11月



## 36<sup>th</sup> List: The TOP10

Rank	Site	Manufacturer	Computer	Country	Cores	Rmax [Tflops]	Power [MW]
1	National SuperComputer Center in Tianjin	NUDT	Tianhe-1A NUDT YH MPP, Xeon 6C, NVidia	China	186,368	2,566	4.04
2	Oak Ridge National Laboratory	Cray	Jaguar Cray XT5, HC 2.6 GHz	USA	224,162	1,759	6.95
3	National Supercomputing Centre in Shenzhen	Dawning	Nebulae TC3600 Blade, Intel X5650, NVidia Tesla C2050 GPU	China	120,640	1,271	2.58
4	GSIC, Tokyo Institute of Technology	NEC/HP	TSUBAME-2 HP ProLiant, Xeon 6C, NVidia, Linux/Windows	Japan	73,278	1,192	1.40
5	DOE/SC/ LBNL/NERSC	Cray	Hopper Cray XE6, 6C 2.1 GHz	USA	153,408	1,054	2.91

**“天河一号” 超级计算机于2010年11月16日获得世界超级计算机500强排名第一**



# 三大技术创新

# 国际学术界的评价

■ CPU+GPU异构融合体系结构

■ 64位多核多线程自主飞腾1000 CPU

■ 自主高速互连通信技术



中国的“天河一号”采取的CPU与GPU融合的结构，代表了未来超级计算机的发展趋势。随着计算机规模的不断拓展，这种结构虽然不是唯一的解决方法，但目前看来是最好的。

-- 美国斯坦福大学计算机系主任比尔·戴利



“天河一号”的运算速度比橡树岭国家实验室的要快大约40%，这是运算速率的极大提升。中国同时研制了一种互联技术，让这些处理器相互联系，这不是美国的技术，而是中国自己的技术。这是一个创举。

-- 美国田纳西大学教授杰克·唐加拉



- 异构结构：CPU + GPU
- 峰值性能：4.7Pflop/s
  - CPU 1.0548Pflop/s
  - GPU 3.6452Pflop/s
- 持续性能：2.566Pflop/s
- 功耗(满载)：4.04MW



Items	Configuration
Processor	14336 Intel CPUs + 7168 nVIDIA GPUs + 2048FT CPUs
Memory	262TB in total
Interconnect	Proprietary high-speed interconnecting network
Storage	4PB
Cabinet	120 Compute, 14 Storage, 6 Communication

天河

天河系列超级计算机的重要作用

---

为国家科技创新服务

“算天，算地，算人”

## ■ 研究航空和航天飞行器的空气动力学特性：飞得快、省燃料、安全

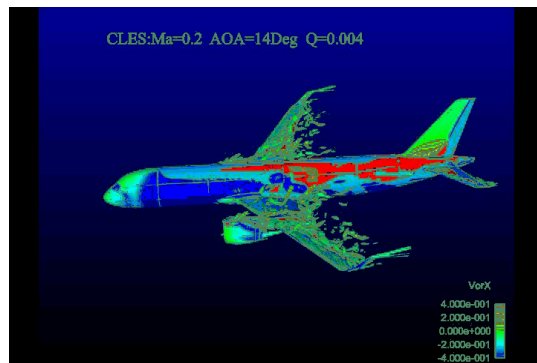
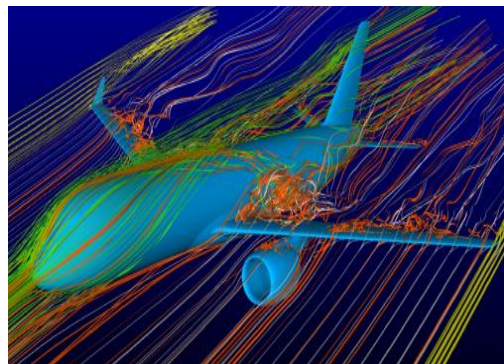
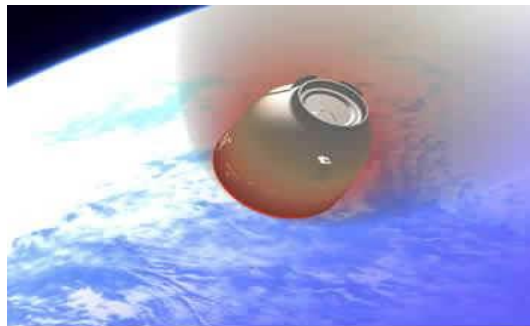
- 航空飞行器：高速飞行条件下的空气动力学关键技术问题
- 火箭和航天飞行器：高速飞行条件下空气动力学的关键技术问题
- 载人返回舱：高速飞行器跨流域全尺寸模拟
- 研究航空发动机高效燃烧机理

## ■ 挑战

- 模型复杂、计算量巨大

## ■ 效果

- 飞机整机的全工况空气动力学分析
- 载人返回舱下落情况分析



# 天河

# 算天：气象、气候和雾霾研究

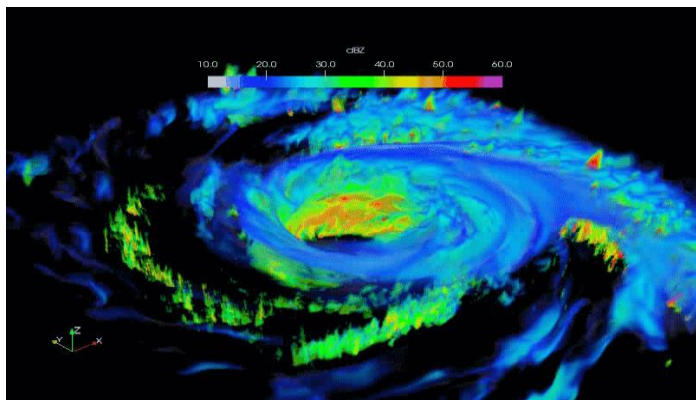
- 研究气象预报、气候预测、雾霾预警预报，为社会和民生服务

- 挑战

- 多模式耦合，计算规模庞大
- 历史数据和模拟数据庞大
- 气象、环境、城市和地形的数据融合

- 效果

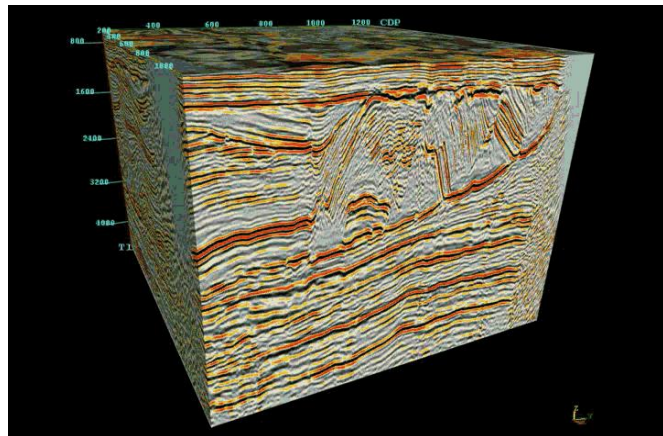
- 完成了数十年的气候模拟分析：中科院大气所
- 天津市气象局实时预报系统
- 雾霾预警预报的基本系统：中国气象科学院、南开大学等
  - ✓ 已联合研发了天河-雾霾自动化实时预警预报系统，服务京津冀等地区



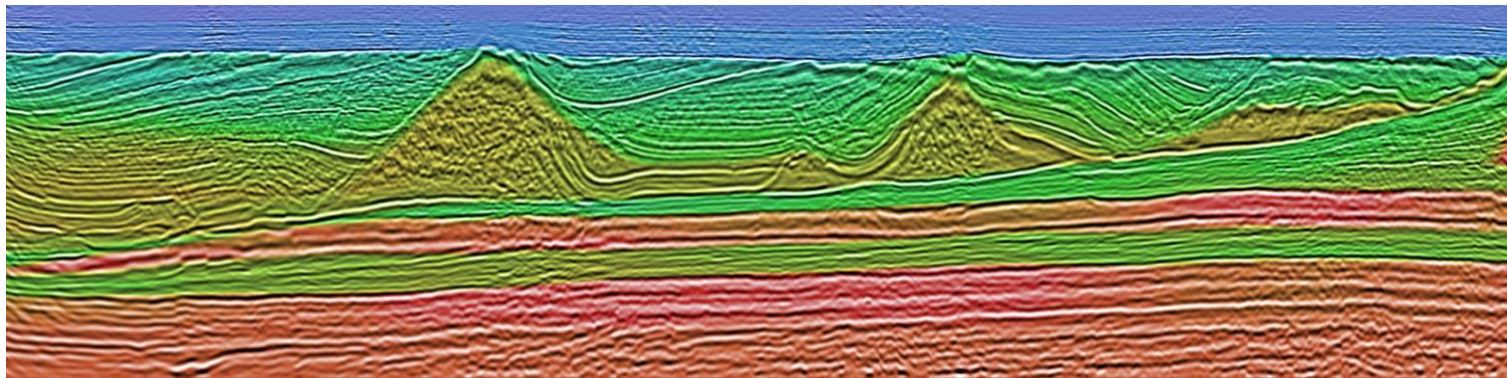


### ■ 加快我国石油地震勘探数据处理产业的技术进步，突破了国外技术限制

- 自主研发了具有国际先进水平的、成套的石油勘探三维数据处理的核心软件
- 与中石油东方物探研究院合作，构建国内最大的石油数据处理基地，承担国内、国外的石油数据处理任务



地下地质结构示意图



时间	应用区块	运行概况	应用成效
2010年11月21日-11月30日	中亚某国1050平方公里，深度5公里，700GB数据	70000炮数据，7100节点，16小时完成	当时规模最大
2011年3月3日-3月9日	中国东北某地区680平方公里，深度9公里，1.4TB数据	80000炮数据，7000节点，40小时完成	国内第一块逆时偏移生产项目
2011年12月29日-2012年1月9日	中亚某国2600平方公里，深度5公里，2.2TB数据	217900炮数据，2000节点，65小时完成	当时规模最大
2013年6月28日-2013年7月5日	中东某国340平方公里高密度，偏移深度6s，25TB数据	194万炮数据，1100节点，168小时完成	目前最大Geoeast时间偏移项目

## ■ 生命科学、基因技术研究、生物医药研发

### ➤ 基因研究

基因分析，临床诊断、个性化诊治

### ➤ 新药研发

直接通过药物设计，未经过任何化学改造，获得了在动物活性上具有良好癫痫治疗能力的药物先导化合物



人类基因结构示意图



癫痫小鼠模型



注射药物先导化合物



## ■ 基因测序

- 积累形成了超过PB级的基因数据
- 已完成先天耳聋基因联合筛查、无创产前检测、新生儿遗传代谢病、肿瘤等检测，累计超过70万例
- 为防控新生儿出生缺陷，为个性化诊、个性化治疗，提供重要保障

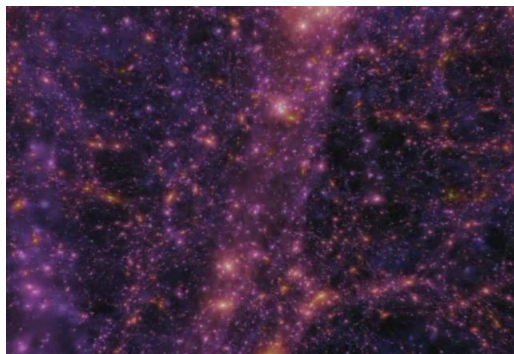




# 天河

## 其他重要应用

- 其它重要应用：材料基因组、脑科学、高能物理、天文、新能源等



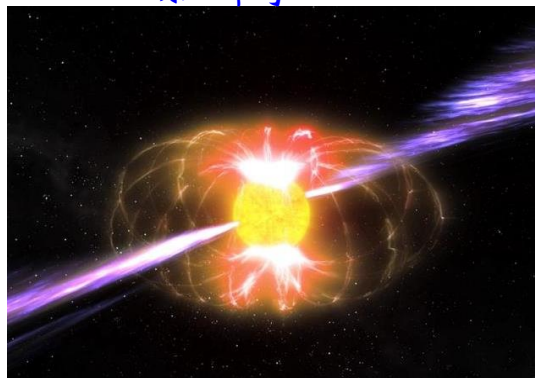
天文



玻璃地球



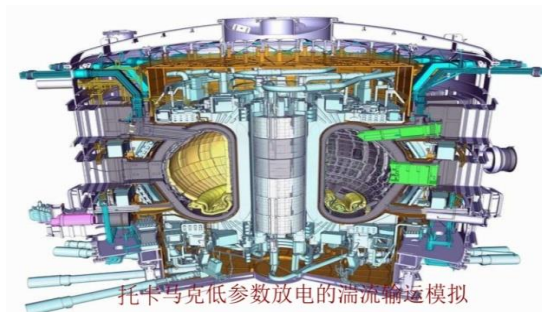
脑科学



高能物理



材料基因组



托卡马克低参数放电的湍流输运模拟

新能源

# 天河

## “天河一号” 的使用情况，主要用户分布

### 天河一号超级计算机获得广泛应用

- 每天为全国的用户提供**140万**核小时服务
- 日平均并发运行作业数超**1400个**，服务全国的科研团队超过**1600个**
- 为企业带来经济效益接**超过100亿元**

### 提供三个层次的超级计算服务，自身研发和服务能力大幅增强

- 科学计算服务
- 帮助用户完成应用软件并行优化
- 独立承担用户并行应用软件设计



- ITER-CN专项“磁约束聚变大规模数值模拟与理论分析”
- 重大新药创制项目小核酸创新药物孵化基地
- 全球变化研究国家重大科学研究计划项目高分辨率气候系统模式的研究与评估
- 药靶发现与药物分子设计技术
- 工信部民用飞机气动力预测新方法和优化设计
- 飞行器气动力学与光学设计中的关键湍流问题
- 北太平洋副热带环流变异及其对我国近海动力环境的影响
- 基于蛋白质结构与相互作用的计算生物学研究
- 重大心血管疾病相关GPCR新药物靶点的基础研究
- 基于CMIP5多模式模拟实验的气候变化集合预估和归因分析研究等数十个国家重大重点科技项目
- .....

- 计算机技术创新
- 广泛的应用成效





天河二号超级计算机系统研制成功，标志着我国在超级计算机领域已走在世界前列。希望同志们总结经验，再接再厉，坚持以我为主，勇于自主创新，不断强化前沿技术研究，为推动我国科技进步、建设创新型国家作出更大贡献。

中共中央总书记、国家主席、中央军委主席  
习近平

二零一三年六月十八日



2019年1月17日

### 突破了五大核心技术

- 柔性系统结构
- 高性能芯片设计技术
- 层次式自适应海量存储技术
- 麒麟安全操作系统
- 并行应用软件开发环境

### 自主设计了四套核心芯片

- 高性能CPU
- 高性能加速器
- 高速互连控制器
- 高速光电转换控制器

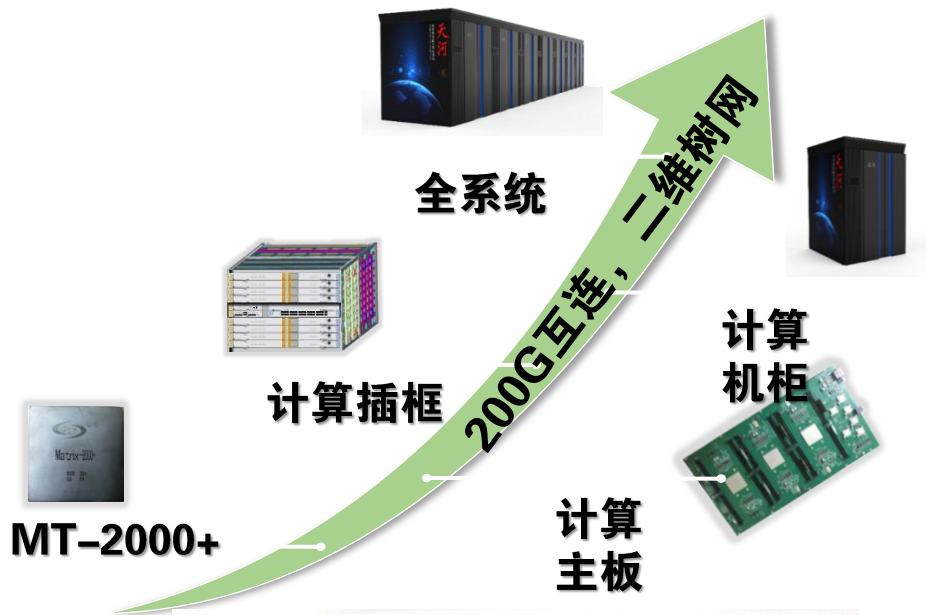
# 天河

## 天河三号原型机基本情况

### • 系统组装结构

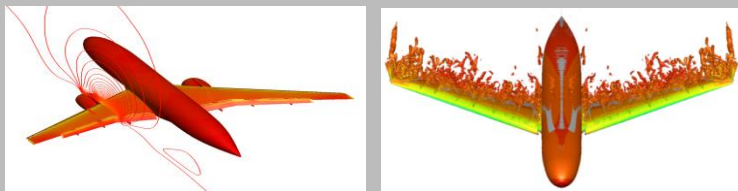
- 6144个MT-2000+计算结点
- 6个计算机柜
- 峰值性能3.146PFlops

- 
- 512个FT-2000+计算结点
  - 1个机柜

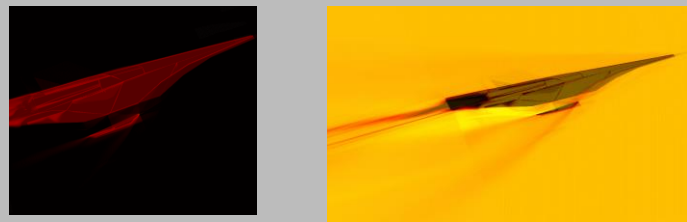


大飞机、航天器、新型发动机、新型反应堆、电磁仿真、新材料新能源、气候气象等领域；  
50余家合作单位，100余款大型应用软件，30余款应用软件扩展到全系统

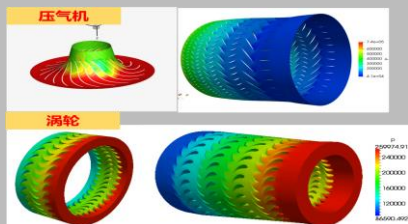
空气动力学仿真全系统52%并行效率



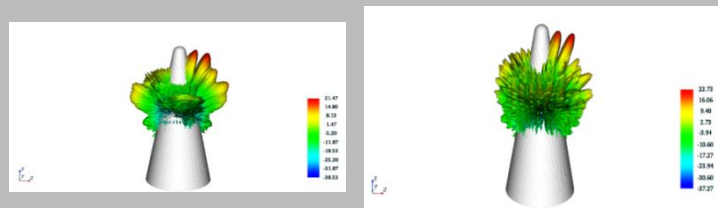
多尺度湍流燃烧全系统52%并行效率



航空叶轮机仿真全系统41%并行效率



电磁仿真全系统50%并行效率



支持VASP、WRF、OpenFoam、Gromacs、NAMD、lammps等大型开源软件  
支持BLAS、LAPACK、FFTW、Scalapack、PETSC等大型开源算法库



并行CFD计算TRIP软件

• 19.7万核并行效率52%

大规模电磁场仿真模拟

• 19.7万核并行效率50%

多尺度湍流燃烧

• 19.7万核并行效率72%

航空叶轮机械仿真

• 19.7万核并行效率41%

高精度流体模拟

• 19.7万核并行效率84%

粒子输运模拟

• 19.7万核并行效率74%

生物信息大数据

• 19.7万核并行效率77%

海量分子对接

• 19.7万核并行效率84%

分数阶非线性流动

• 16.0万核并行效率57%

# 天河

- 中心在“天河一号”基础上，新增了四套高性能计算集群HPC1、HPC2、ES系统、GPU系统
- CPU浮点计算能力在1Pflops以上，并已对外提供服务
- 中心目前也在建设HPC3，预计年底可以投入使用

TH-HPC1系统



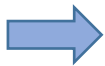
CPU*2	型号	2*Intel Xeon CPU E5-2690 v4 @ 2.60GHz 14cores		
L3 缓存	35MB			
内存	128GB			
操作系统	版本	RedHat 7.2	内核	3.10.0

TH-HPC2系统



CPU*2	型号	2*Intel Xeon CPU E5-2690 v4 @ 2.60GHz 14cores		
L3 缓存	35MB			
内存	128GB			
操作系统	版本	RedHat 7.2	内核	3.10.0

TH-ES&GPU系统



CPU*2	型号	2*Intel Xeon CPU E5-2690 v4 @ 2.60GHz 14cores		
L3 缓存	35MB		内存	128GB
GPU	2*Tesla K80, 即 4*GK210			
显存	4*12GB			
驱动版本	375.26			
编译环境	CUDA 8.0			
硬盘	无			
操作系统	版本	RedHat 7.2	内核	3.10.0

天河

---

感谢聆听