



HUAWEI

元计算

华为&元计算
基于鲲鹏生态的数字孪生模型可视化及
数据可视化联合解决方案主打胶片

LEADING NEW ICT

目录

1 国产软硬件领域建设背景和趋势

2 国产软硬件联合解决方案

3 联合解决方案优势

4 成功案例

全国产化软硬一体化生态格局之硬件

华为面向全球发布鲲鹏920处理器及TaiShan服务器



2019年1月7日华为董事、战略Marketing总裁徐文伟

发布鲲鹏920处理器

关键计算芯片全自研

高性能
SPECint®_rate_base2006 评估跑分
930+

SPECint®_rate_base2006 评估跑分



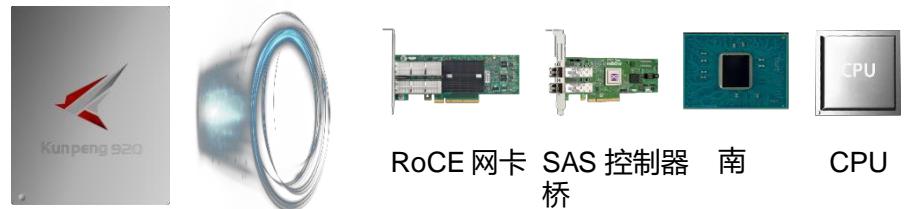
*基于华为实验室测试数据，结果在不同环境中有偏差

高集成

7nm工艺



1 颗 = 4 颗芯片



国产化高性能CAE应用软件生态不足



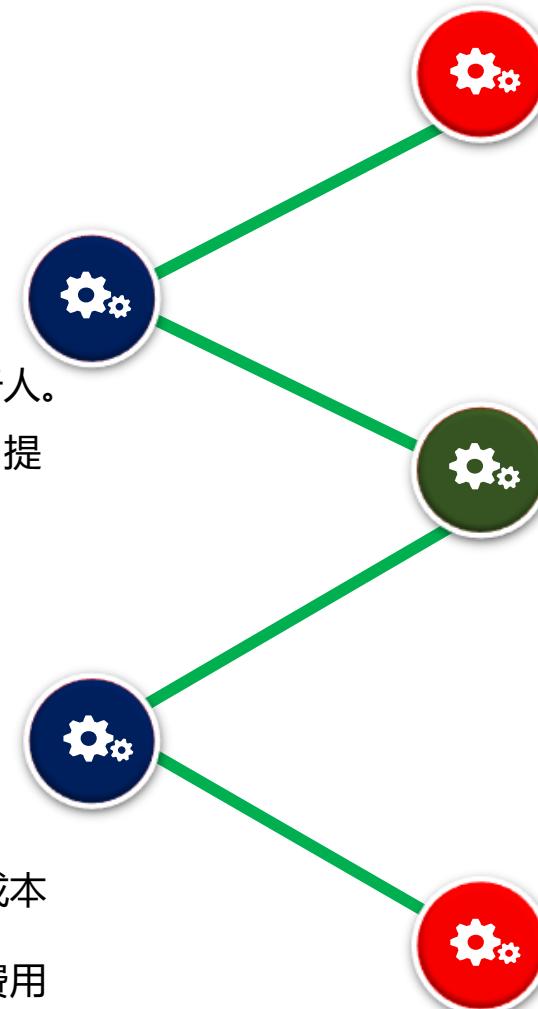
为什么要构建“软硬一体化生态格局”？

② 自主可控：

- a) 打破封锁，研发自主软件
- b) 自主替代，数据安全。
- c) 积累关键数据，技术不必受制于人。
- d) 保障信息安全，技术自主可控，提升产品质量和竞争力

④ 降低软件购置成本：

- a) 降低国外商业软件的高昂购置成本
- b) 降低国外商业软件的运行维护费用



① 未雨绸缪：

- a) 规避国外商业软件“卡脖子”事件再次发生；
- b) 逐步摆脱国外商业软件制约，引入新兴数值计算方法和平台

③ 提高系统性能：

- a) 克服计算效率瓶颈，建设先进仿真平台
- b) 实现参数化建模，方案自动优化
- c) 建设基于知识的企业产品仿真生态系统，实现知识工程管理和应用

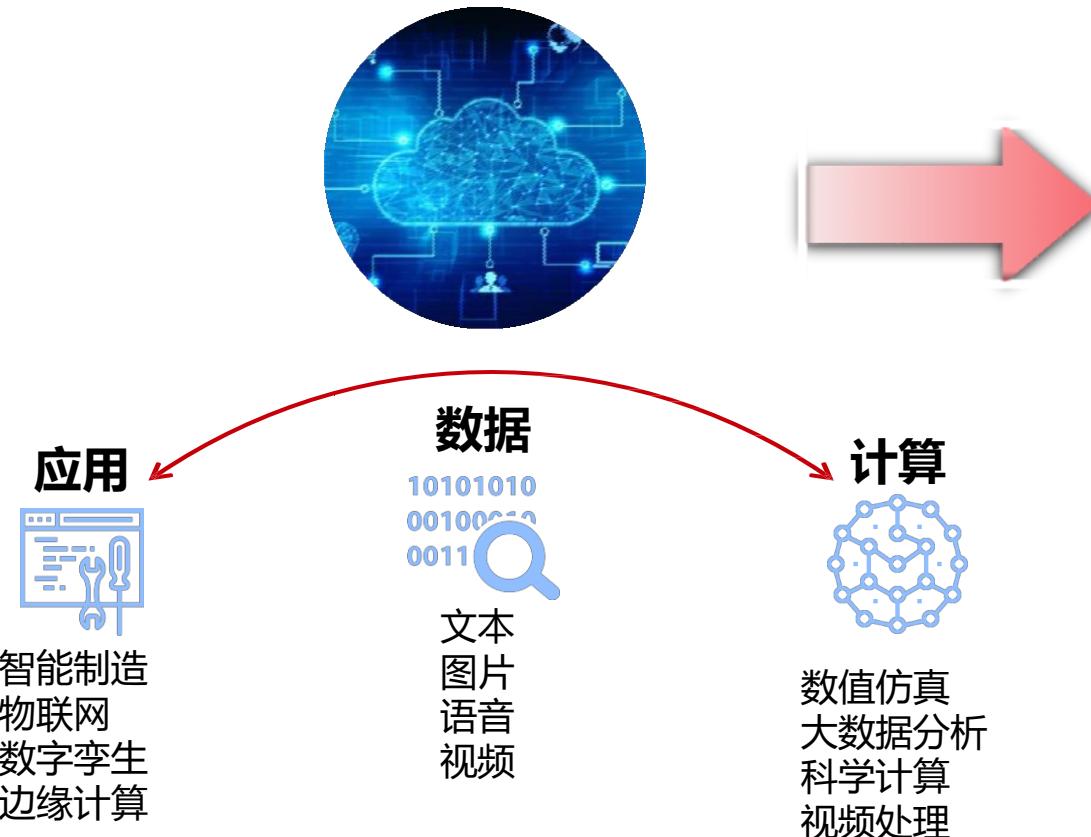
⑤ 普及仿真应用门槛：

- a) 降低仿真计算技术水平要求
- b) 进一步普及和推广仿真应用

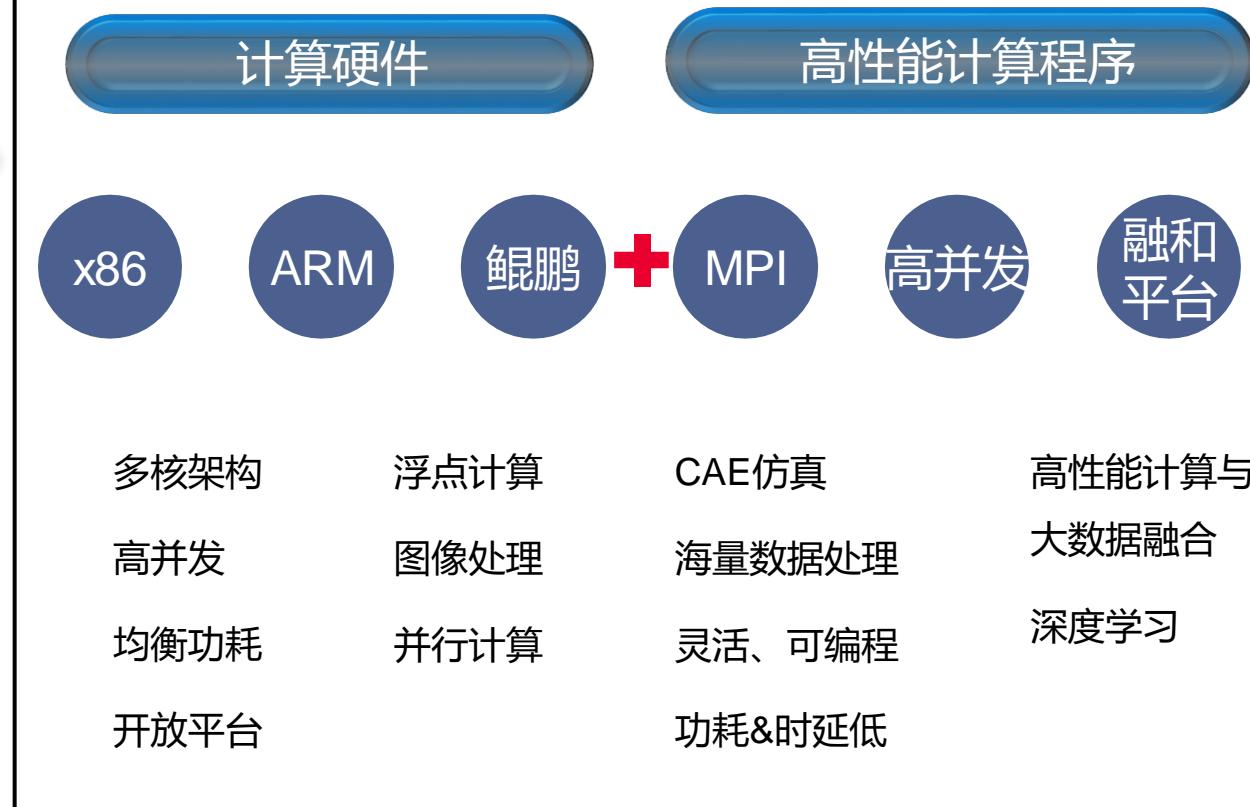
国产化驱动多样性计算的发展

高性能计算仿真分析发展迎来新的挑战

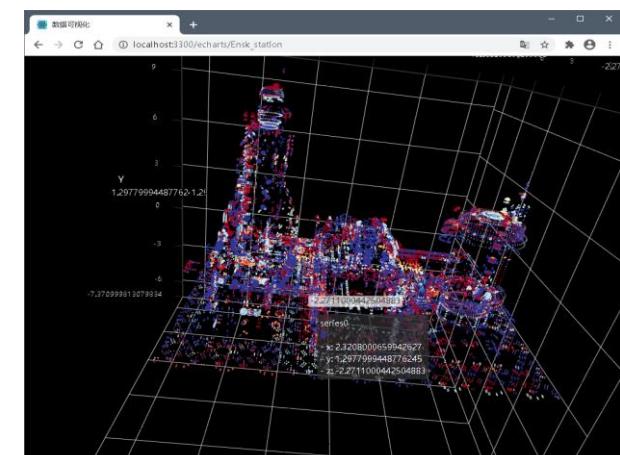
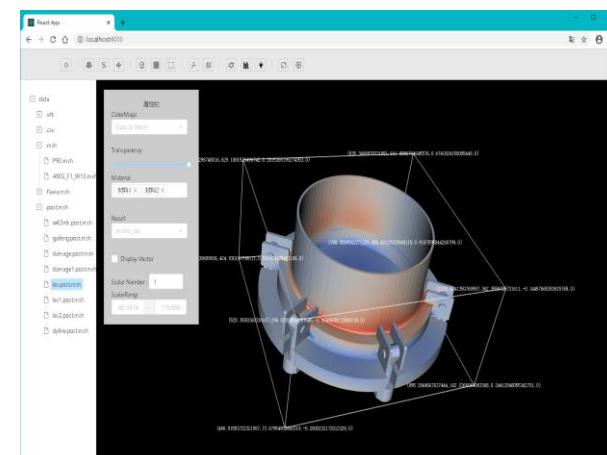
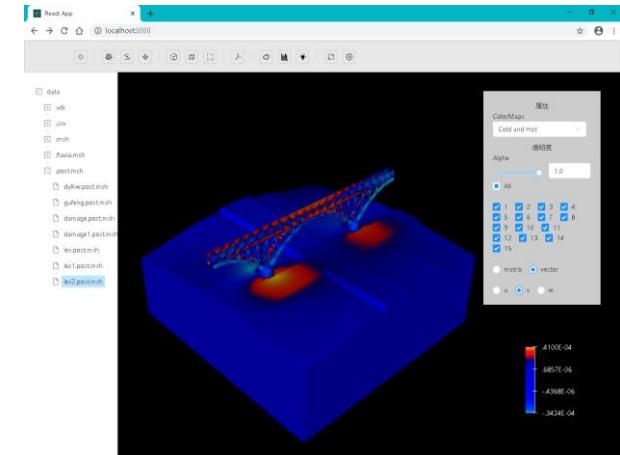
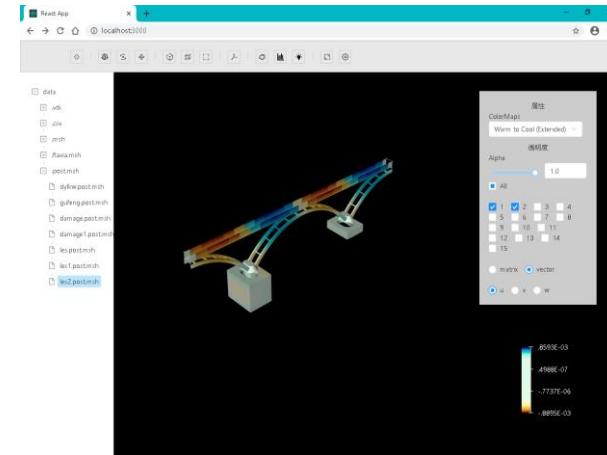
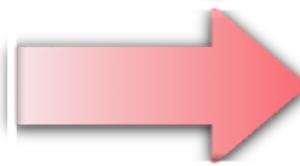
智能计算 全栈全场景



高性能计算与专用硬件的结合是最优的解决路径



国产化驱动数字孪生可视化



基于鲲鹏的高性能仿真计算

数字孪生下的模型可视化

目录

1

国产软硬件领域建设背景和趋势

2

国产软硬件联合解决方案

3

联合解决方案优势

4

成功案例

公司介绍

2009

成立元计算（天津）科技发展有限公司  元计算
Element Computing Technology Co.,Ltd.

2011

成立元计算北京分公司

2012

获得国家高新技术企业资质

2013

“天河一号”上完成了20亿节点60亿自由度万核并行计算

2015

发布FELAC串行版、PFELAC并行版、FELAC网络版

2016

发布ELAB元创平台

2016

获得军工相关资质

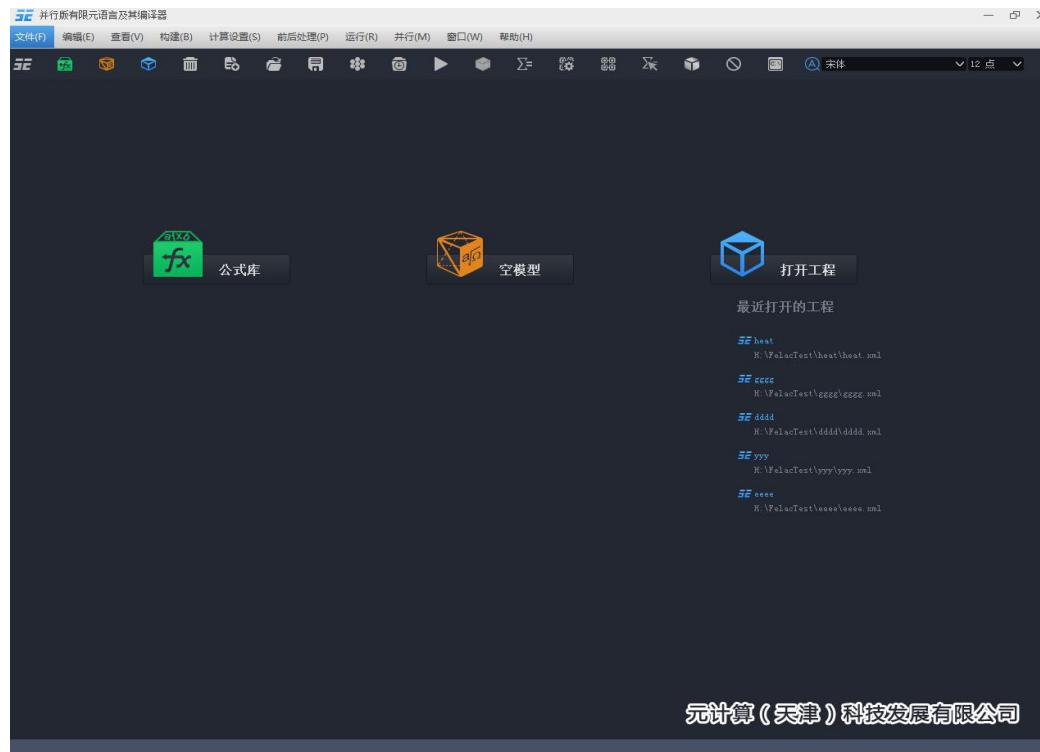
元计算科技发展有限公司是专业从事数值仿真计算程序研发和自主CAE应用软件开发的高科技企业。

元计算公司成立于2009年，注册资本2000万，落户于天津市滨海国家级高新区生态城园区，在北京和武汉设有全资子公司。

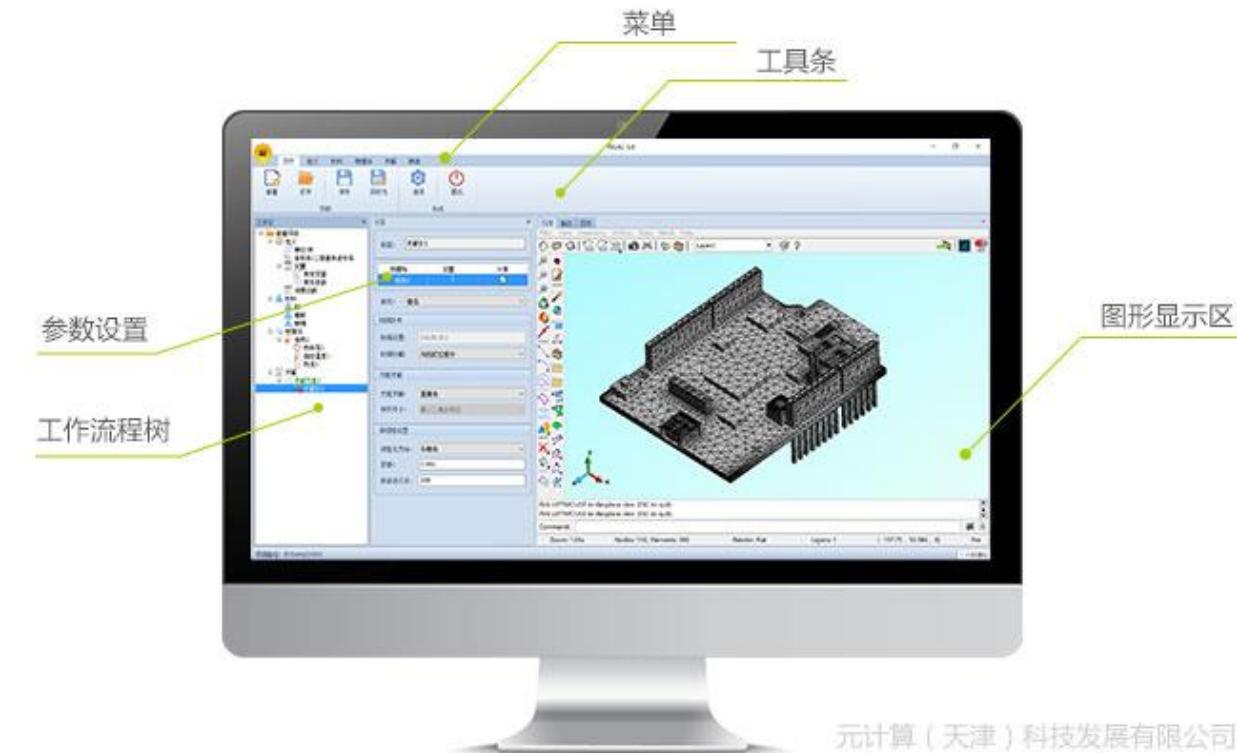


核心技术 I: HPC软件自动生成系统

有限元程序自动生成系统



多物理场耦合仿真软件

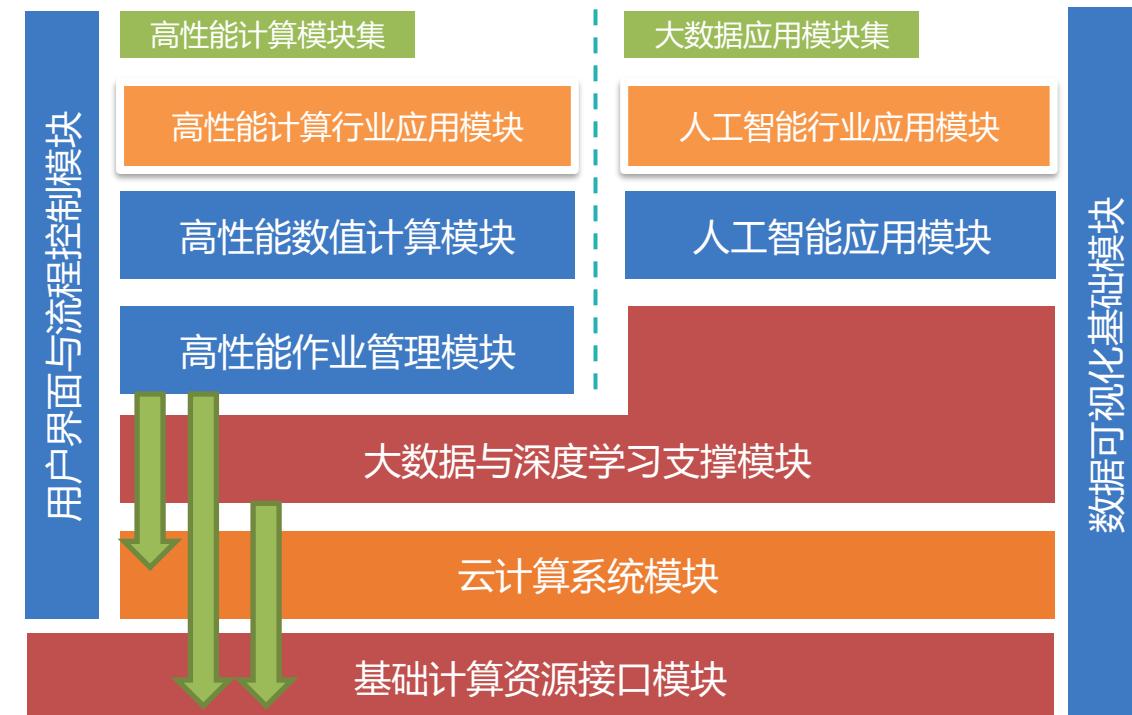


核心技术 II：HPC与大数据融合应用平台

HPC与大数据融合应用平台



HPC与大数据融合应用架构



业务介绍

核心产品 I: HPC软件自动生成系统



完全自主知识产权-高性能计算程序自动生成技术

自主可控、国产替代



核心产品 II: HPC与大数据融合应用平台



FELAC的工作方式

FELAC 2.0: 有限元自动生成系统



FELAC 3.0: 图形化的FELAC



1、列出PDE

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + q$$

2、推导弱形式

$$\int_{\Omega} c \frac{\partial T}{\partial t} \delta T d\Omega + \int_{\Omega} k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \frac{\partial \delta T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} \frac{\partial \delta T}{\partial y} \right) d\Omega = \int_{\Omega} q \delta T d\Omega$$

3、用有限元语言表达

```

DEFI
DISP T
COOR x y
SHAP q 4
GAUS 2
$CC double ek,ec,eq;
MATE ek ec eq 1.0 1.0 0.0
MASS q ec

STIF
DIST=[T/x;T/y]*ek+[T/y;T/y]*ek

LOAD=+[T]*eq

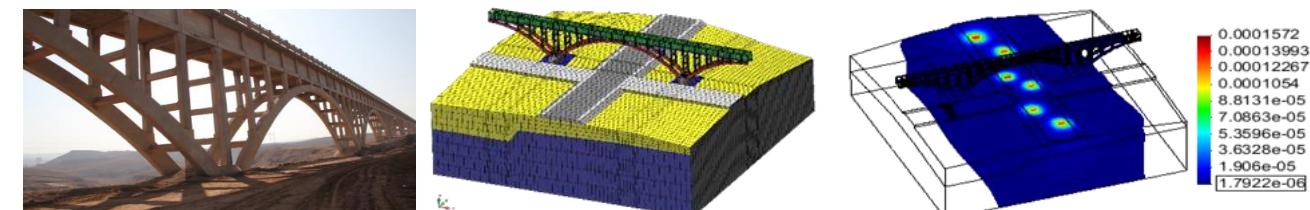
END

```

4、翻译成有限元C程序

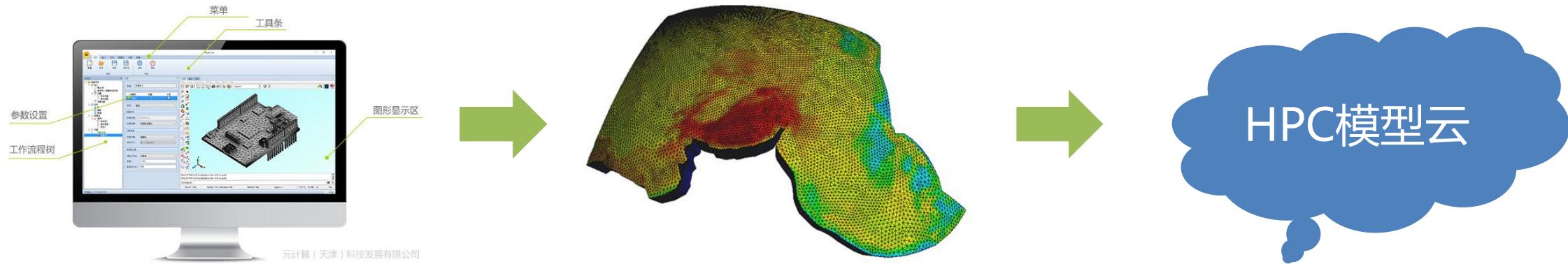


5、前处理→计算→后处理



工作流程 - 基于FELAC搭建可扩展SaaS层HPC工作流

FELAC 3.0 生产可扩展参数化网格模型



FELAC 2.0 生产高性能计算程序



国产HPC软硬件一体化解决方案 – 社区版

数字孪生三维模型可视化及数据可视化

社区版生成器

社区版公式库

社区版并行库

开源数学库

Graph Partitioning

MPI

开源求解器库

前后处理接口

华为智能
计算硬件

分布式服务框架

HPC容器框架

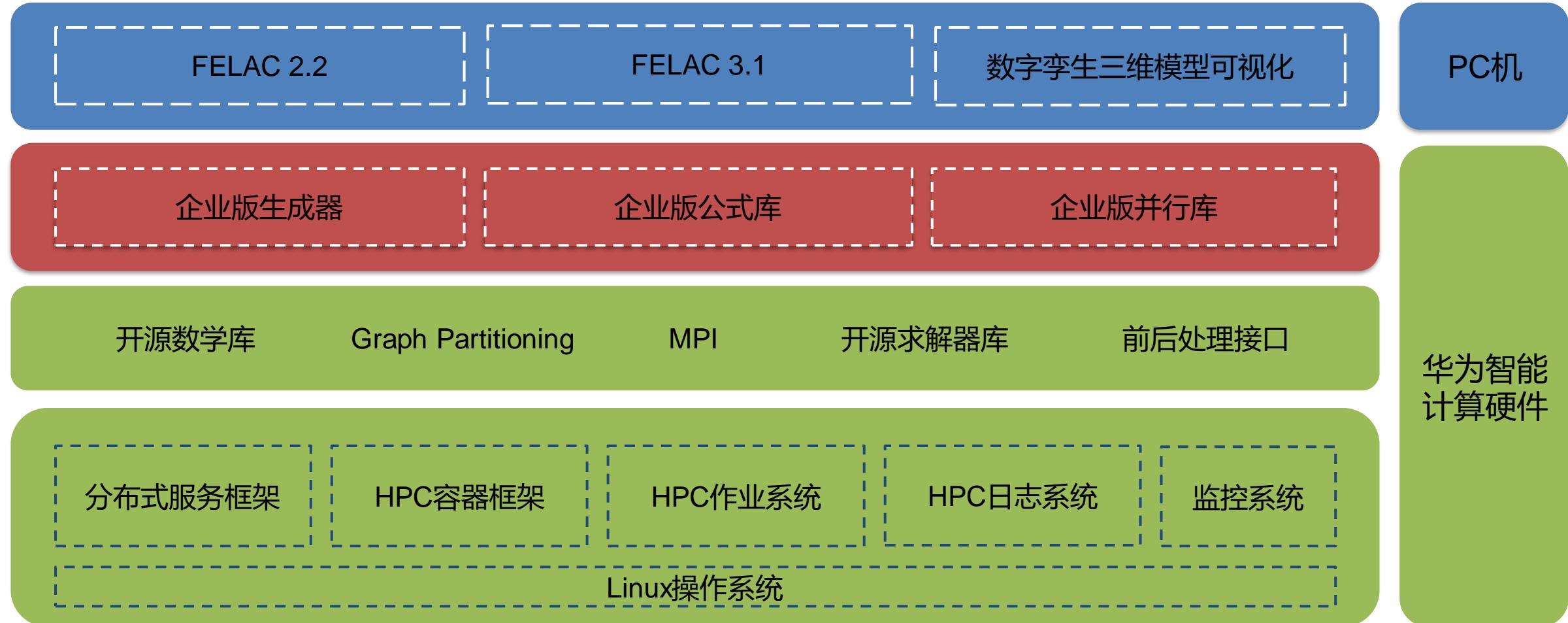
HPC作业系统

HPC日志系统

监控系统

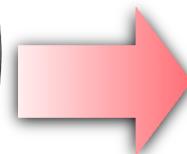
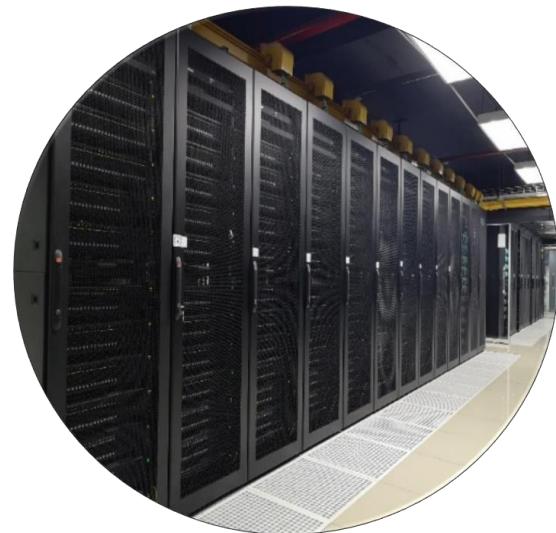
Linux操作系统

国产HPC软硬件一体化解决方案 – 企业版



构建“软硬一体化生态格局” 加速国产化高性能数值仿真CAE升级

联合华为构建全国产化软硬一体化生态格局 提升企业研发生产力



**国产化高性能数值仿真CAE领航者，
协同行业合作伙伴，助力企业研发生产力**



航空
航天



岩土
水利



钢铁



科研
院校

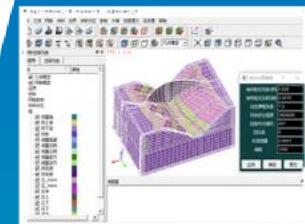


军工

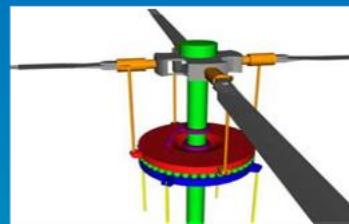
全国产化CAE应用软件生态



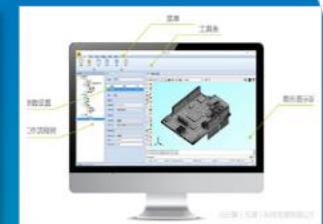
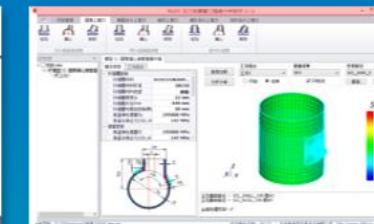
私有云



公有云



混合云



TaiShan
2280均衡型

全自研高性能计算硬件

做平台的平台



开放、灵活、安全的端管云协同ICT基础设施平台



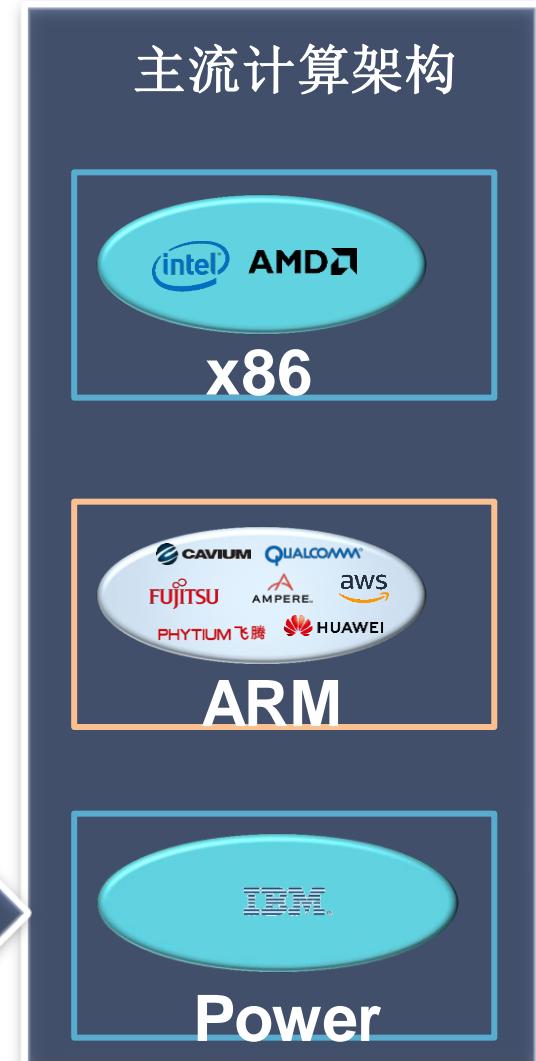
全自研软件研发环境

做研发生态的土壤

共生、共赢，开放全球创新、研发和服务环境

构建“软硬一体化生态格局” 加速国产化高性能数值仿真CAE升级

**国产化高性能数值仿真CAE领航者，
协同行业合作伙伴，助力企业研发生产力！**



目录

1

国产软硬件领域建设背景和趋势

2

国产软硬件联合解决方案

3

联合解决方案优势

4

成功案例

联合解决方案优势

HPC核心技术完全自主可控



可重构鲲鹏
仿真行业软件生态

HPC软硬件一体化性能优化



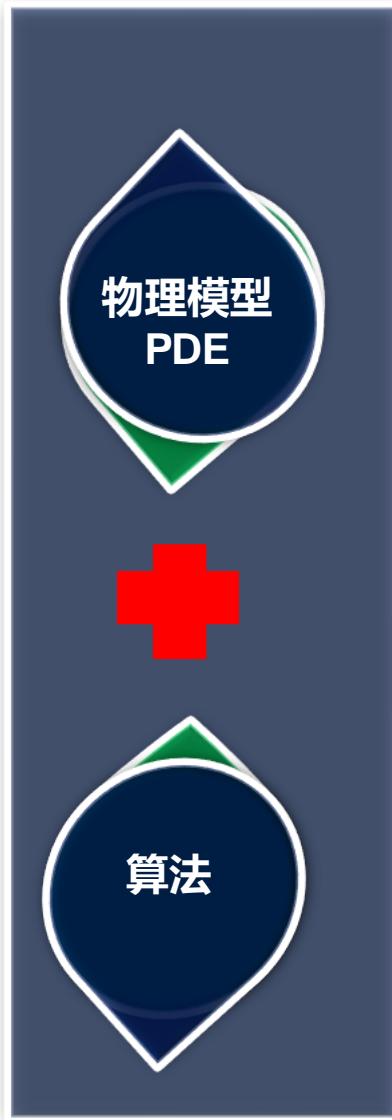
可构建鲲鹏
工业互联网链条

HPC软硬件绑定利益最大化



可建设鲲鹏
工业仿真APP Store

技术软件全自研的核心优势

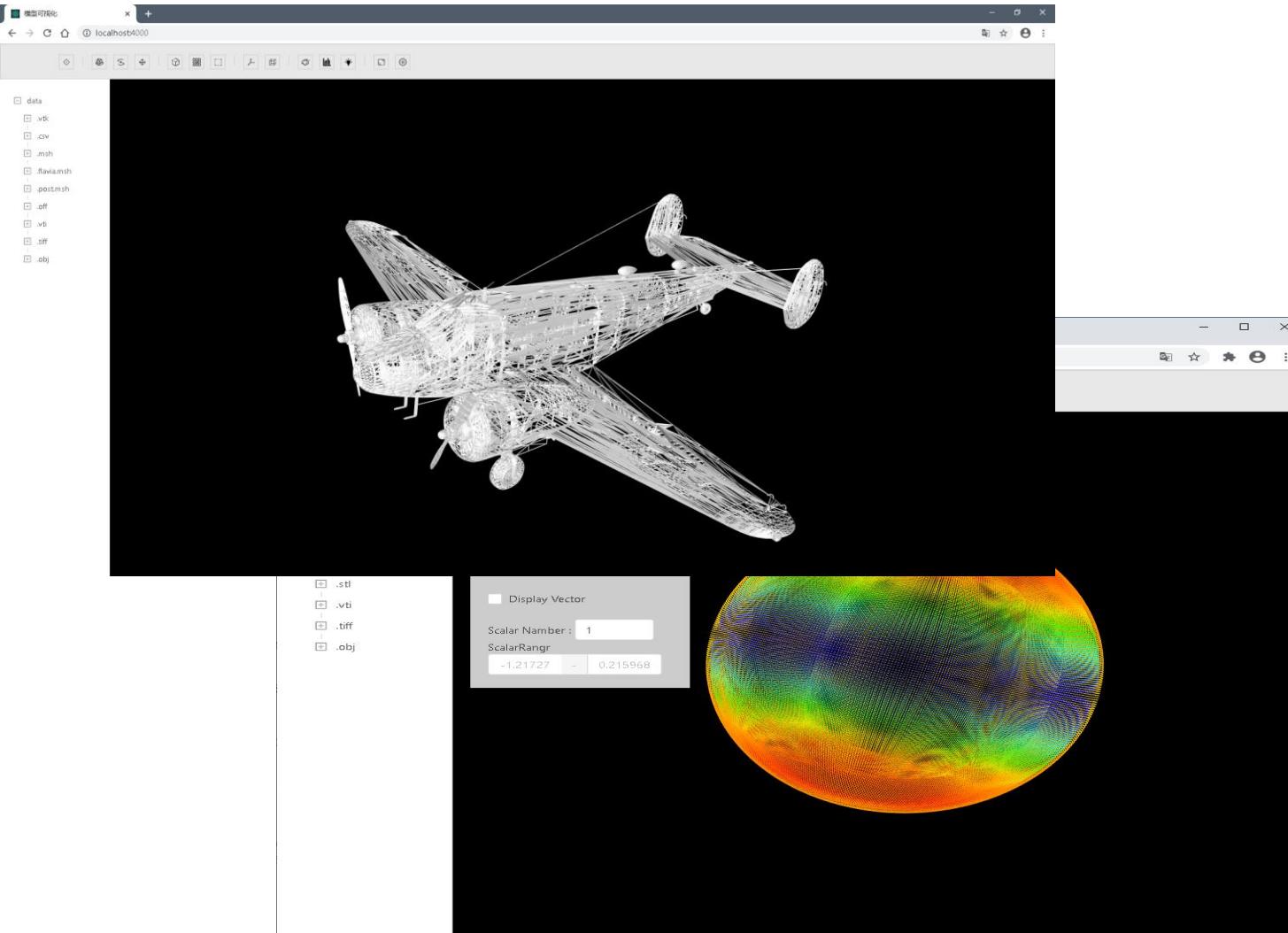


高性能计算程序自动生成技术

具有颠覆性意义，改变传统计算程序的编程模式，让机器智能编程
代替传统人工编程，节约成本，提高效率，具有以下先进性：

- 跨学科无障碍耦合计算技术
- 无限制并行计算技术
- CAE软件开发平台技术
- 源头创新引擎技术先进性
- 适应国家自主超级计算机发展
- 针对硬件生成程序，适应物联网、边缘计算

数字孪生下的三维模型及数据可视化核心优势

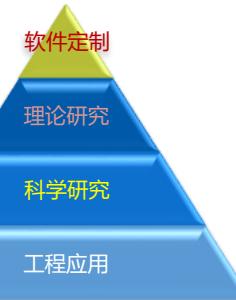
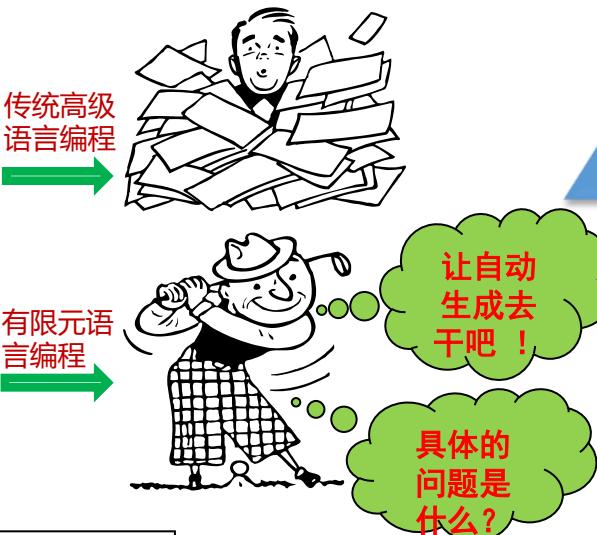
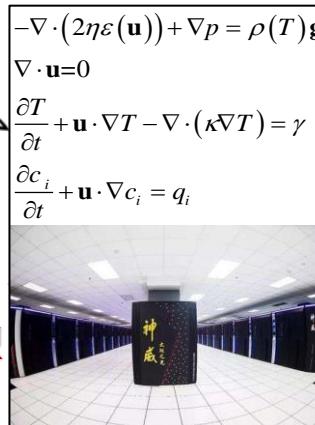


丰富的组件库、数据接口（目前支持几十种）、自由配置专属可视化分析报告。

通过拖拉拽的配置方式，无需编程能力也可以轻松实现可视化显示

纯国产自主产权，国内首个支持模型可视化的显示

PFELAC核心优势解读



改变了传统计算程序的编程模式

核心是数值建模与仿真领域两个关键技术

有限元语言：能够精确描述任意偏微分方程表达式并能转换成某种高级语言程序

自动生成技术：能够描述求解偏微分方程的各种算法并转换成某种高级语言程序

什么是
有限元
语言呢？

PDE代码

```
defi
disp u,
coor x,y,
shap %1 %2
gaus %3
mate ek eq 4.4e-2;0.0;
$%c6 double ek,eq;

stif
dist =+[u/x;u/x]*ek+[u/y;u/y]*ek

load =+[u]*eq

end
```

SCH代码

```
SU = F
defi
stif S
mass M
load F
type e
mdty I
step 0

equation
matrix = [S]
force=[F]

solution U
write(s,unod) U

end
```

- 体积小，适合边缘部署
- 高性能，工业互联网实时仿真
- 生成源代码，适合跨平台部署

模型语言，开放数理模型和求解算法定制功能

任意多物理场耦合

超大规模计算，充分利用现有硬件资源

与第三方数值计算软件接口方便任意
程序易维护、易发展、可读性强

自动生成，减少代码量90%以上

易于部署到不同系统环境

不依赖计算机硬件和软件平台

不要求用户编写和调试并行程序

并行计算效率充分保证

完全自主知识产权

方便定制专业软件

自主可控，成果保护

可扩展用户使用自由度

可被第三方软件集成

先进性 — 国内唯一、国际领先、评价

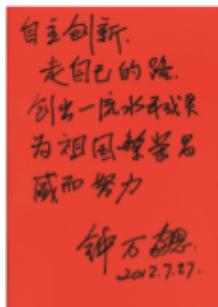
国内

■ 唯一国产高性能并行程序自动生成系统

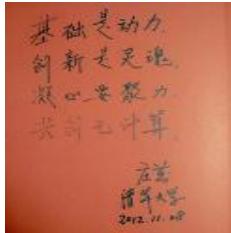
■ 唯一通过万核60亿自由度计算的国产商用计算软件

■ 唯一支持国产芯片的商用高性能计算软件

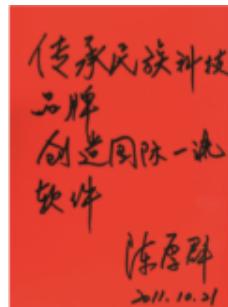
■ 完全自主知识产权



钟万勰院士



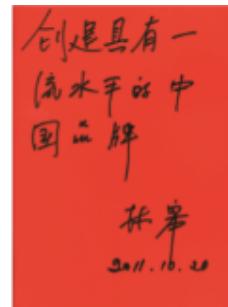
庄庄教授



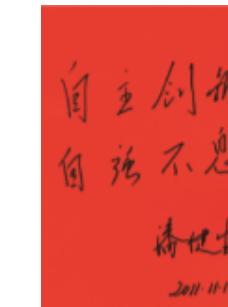
陈厚群院士



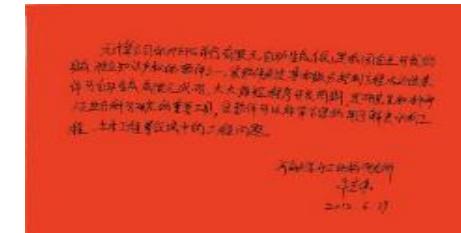
岳中第研究员



林皋院士



潘健生院士



牛志伟研究员

国际



美国自然基金会撰写的固体计算地球动力学10年发展规划对自动生成思想做了重点介绍

此时，一个更为有效的手段是将方程的求解和算法通过代码自动生成的思想加以实现……

中国科学家已经成功地开发了该并行系统的工作原型…

认为是计算地球动力学领域发展特别值得注意的研究方向

关于元计算公司并行有限元软件在天河一号上调试运行情况的说明

第一，FELAC 是基于有限元语言的并行软件开发平台，适用于各种领域，包括固体、流体、电磁场等，尤其是多场耦合及多尺度耦合问题。

第二，适合做大规模高性能并行计算。元计算公司于 2013 年 12 月在天河一号上采用超过 10000 个 CPU 核心，求解了 60 亿阶代数方程组，花了 11814.48 秒，最低并行分区效率达到 56.21%，最低并行计算效率达到 65.66%。

第三，有限元是目前解决诸多工程力学和相关领域的重要手段，应用领域广泛，但很多关键领域和大规模计算处理等方面，国外成熟软件对我们进行严格的技术限制。因此，研发和完善具有自主知识产权的有限元软件具有重要意义。

天河一号万核60亿自由度计算报告

专家评价

梁国平小组研制成功并行有限元程序的自动生成，即由计算机自动产生可在任何一台并行计算机上运行的有限元程序，向高性能计算与网格计算迈出了坚实的一步。我希望有限元程序自动生成系统在我国四个现代化建设中能得到全面的应用推广，更大地发挥数值计算在科技创新和经济发展中的作用。

并行有限元程序自动生成系统，可在任何一台并行计算机上运行，还可以通过互联网使用，用户可以在任何时间、任何地点、任何一台计算机上使用该系统，为将来的有限元网格计算奠定了技术基础。我希望该系统能在高性能计算及其在科学和工程应用方面得到更多的支持，发挥其更大的作用。

从科研创新的角度，从培养数值模拟人才的角度，我非常乐意推荐有限元程序自动生成系统在国内、国际的推广，相信它的普及可以为有限元方法的广泛应用起到强有力的支持。

提高我国有限元应用水平的主要环节在于采用新方法和新手段，提高有限元教学水平，该系统的网格计算功能和高性能计算功能对于提高我国的有限元教学和应用水平有重要意义，望有关部门能够支持该系统的推广工作。



国家超级计算机天津中心

2013-12月



采用FELAC开发程序与当前国内传统方法开发程序的比较

比较项目	采用传统方式自己编写代码开发应用程序	基于商用有限元软件二次开发	基于FELAC快速开发应用程序
开发周期	开发周期长	开发周期短	开发周期短
代码量	代码庞大、易出错	按软件特定要求的语法和接口有限制的进行开发	代码精炼，通过FELAC软件自动生成，保证代码准确性
灵活度	灵活、可以面向各种有限元问题	不灵活、限定于软件特点	灵活、可以面向各种有限元问题
成本	开发时间成本高	搭建开发环境投入高	综合成本最低
自主产权	完全自主产权、便于申请科研成果	不独立、不便于申请科研成果	完全自主产权、便于申请科研成果
处理问题方向	不限学科、不限领域	限学科、限领域	不限学科、不限领域
适用对象	面向科研创新人员	面向工程应用人员	面向科研创新人员和部分工程人员
与其他软件集成	便于集成	不便于集成	方便集成

FELAC与国际上通用CAE软件的综合比较

比较项目	有限元语言编译器FELAC	通用软件
特点	智能化生产有限元程序的软件	封装固定功能的有限元软件
科研与创新性	采用有限元语言编程，创新与科研的最佳工具	不支持创新，科研能力受到限制
开放源代码	国际领先的串行和并行有限元/有限体积源程序自动生成系统，用户拥有生成的具有完全自主知识产权源代码	不向用户提供源代码
互联网使用	可以通过互联网使用的软件	不能够
易用性	使用公式库，操作简便	较强，菜单繁琐
灵活性	适合自定义各种数值模型和计算方法	一般，适用于特定的问题
二次开发特性	可生成源程序，可方便地嵌入其他分析设计系统和优化系统中	一般，开放有限的接口，内核程序是黑箱，难以深入开发
耦合问题处理能力	强耦合/弱耦合都可以处理，算法可以按需设计	较弱，算法不能自定义
前后处理能力	强，用户可以自定义输入输出	强，但价格不菲
计算速度	强，有多种预条件迭代求解器，可以方便与各种先进求解器接口，可用算法优化代数方程组，支持大规模并行计算	固定求解器，支持并行计算，但对于大规模计算有不少限制
并行计算能力	对硬件核数没有限制	对硬件核数有限制

FELAC与国际上软件思想相近似的软件比较

软件名称	国别	软件显著特点
FELAC 有限元语言及其编译器	中国	有限元语言是一种模型语言，用以描述偏微分方程弱解形式及有限元算法格式，采用有限元语言编程，编译得到基于有限元和有限体积法的计算分析C++源程序（串行和并行程序）。适用于各种领域的各种物理学问题数值求解，以及任意物理场耦合求解。
FEniCS 自动求解偏微分方程的开源软件	美国	FEniCS旨在推出一个新的计算算术模型Computational Mathematical Modeling (CMM) 的新标准。用于简化算术方法学、实现和应用工具。包含了一些子项目和组件：DOLFIN, FErari, FFC, FIAT, Instant, SyFi, UFC, UFC, 和Viper。
Deal.II 开源有限元分析库	德国	提供自适应有限元方法数值求解偏微分方程的C++程序库，覆盖有限元计算的各个方面，包括网格，有限元选择，解法器以及并行程序。
OpenSees 地震工程模拟开放体系	美国	由美国国家自然科学基金资助研发的用于结构和岩土方面地震反应模拟的一个较为全面且不断发展的开放程序软件体系。具有便于改进，易于协同开发，保持国际同步的特点。
OpenFEM 开源的有限元分析工具包	英国	OpenFEM可被用来分析比较复杂的、用一般的代数方法无法足够精确地分析的系统，它可以提供使用其他方法无法提供的结果。在实践中一般使用电脑来求解在分析时出现的巨量的方程组。
Modelica 统一的面向对象物理系统建模语言	瑞典	Modelica语言是一种非专有的，面向对象，基于方程的语言，可以方便地模拟复杂的物理系统，例如，机械，电气，电子，液压，热，控制，电力。 非营利国际组织Modelica协会对Modelica进行开发和维护并公开它的标准程序库。

FELAC与国内市场上主流CAE软件比较

软件名称	国别	特点	主要应用领域
FELAC	中国	从根本上定制软件功能，提高计算精度、规模和效率，适合超大规模计算	各种领域的各种物理学问题，包括结构、流体、电场、磁场、声场、热传导、数学方程等，任意多物理场耦合问题
ANSYS	美国	世界上用户最多的有限元分析软件；功能强大，简单易学	结构、流体、电场、磁场、声场
NASTRAN	美国	功能最全面、性能超群、应用最广泛，全球CAE工业标准的程序软件	结构
ABAQUS	法国	处理复杂的非线性问题	结构，金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩高弹性泡沫材料以及类似于土和岩石等地质材料
FLUENT	美国	国际上流行的CFD软件	国防、航空航天、机器制造、汽车、船舶、兵器、电子、铁道、石油天然气、材料工程
ANSOFT	美国	全球领先的电磁场分析软件	电机、电子、电力、交直流传动、电源、电力系统、汽车、航空、航天、船舶、生物医学、石油化工、国防军工
DYNA	美国	最佳的显式分析软件包	汽车工业、国防与军工、电子工业、航空航天、成型工艺仿真、建筑业、石油工业

数据孪生支持的数据格式

软件名称	国别	特点	主要应用领域
FELAC	中国	从根本上定制软件功能，提高计算精度、规模和效率，适合超大规模计算	各种领域的各种物理学问题，包括结构、流体、电场、磁场、声场、热传导、数学方程等，任意多物理场耦合问题
ANSYS	美国	世界上用户最多的有限元分析软件；功能强大，简单易学	结构、流体、电场、磁场、声场
NASTRAN	美国	功能最全面、性能超群、应用最广泛，全球CAE工业标准的程序软件	结构
ABAQUS	法国	处理复杂的非线性问题	结构，金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩高弹性泡沫材料以及类似于土和岩石等地质材料
FLUENT	美国	国际上流行的CFD软件	国防、航空航天、机器制造、汽车、船舶、兵器、电子、铁道、石油天然气、材料工程
ANSOFT	美国	全球领先的电磁场分析软件	电机、电子、电力、交直流传动、电源、电力系统、汽车、航空、航天、船舶、生物医学、石油化工、国防军工
DYNA	美国	最佳的显式分析软件包	汽车工业、国防与军工、电子工业、航空航天、成型工艺仿真、建筑业、石油工业

目录

1

工业钢铁冶金领域建设背景和趋势

2

钢铁冶金领域智能钢包联合解决方案

3

联合解决方案优势

4

成功案例

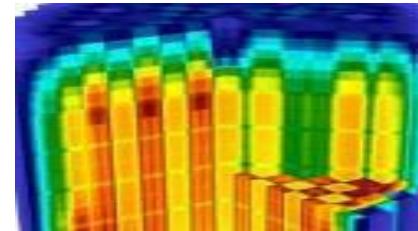
FELAC产品及可视化涉及应用领域（包括不限于）

广泛应用于高能物理、武器研发、国民经济预测和决策、能源勘探、天气预报、卫星图像处理、情报分析、互联网服务、工业仿真等领域。

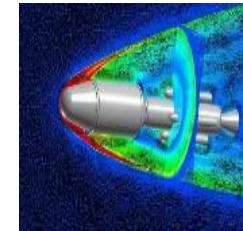
数字时代，5G技术让万物互联，促使高性能计算、人工智能和边缘计算等领域兴起，**公司核心技术和产品的应用领域不断扩大，市场才刚刚打开。**



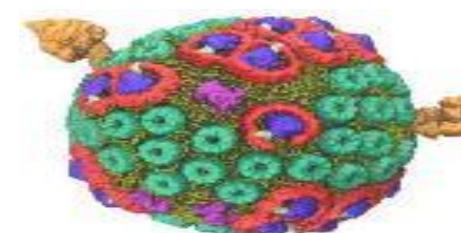
核聚变模拟



核反应堆模拟



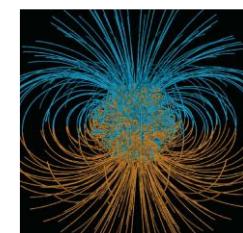
航天飞行



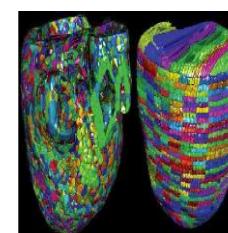
病毒病理



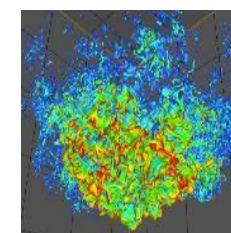
生物工程 (脑神经科学模拟)



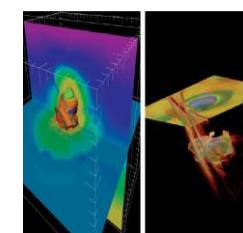
心脏机能



地球磁场起源



爆炸燃烧



地下核爆炸

装备制造

国防安全

工业生产

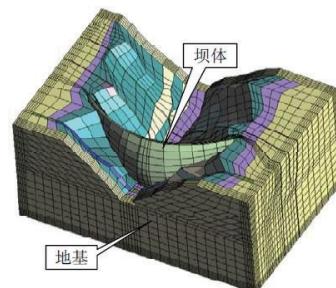
先进材料

成功案例

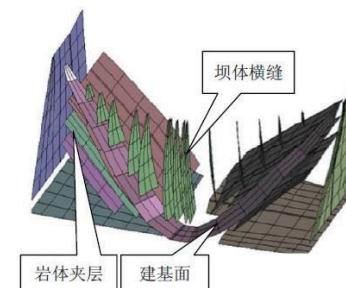
混凝土坝抗震安全评价并行计算软件案例：2010水力发电特等奖

目标：

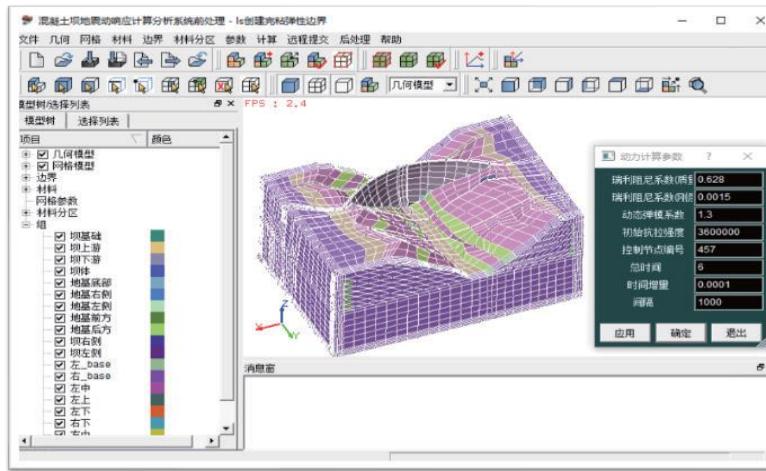
- 1、适用于水利工程专用软件
- 2、主要解决大坝安全稳定问题
- 3、希望能逐步开发中电建集团自主软件
- 4、增加企业软实力，获得更多国际市场项目
- 5、解决工程实际问题



有限元网格



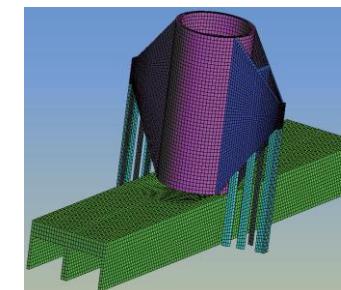
系统接触面



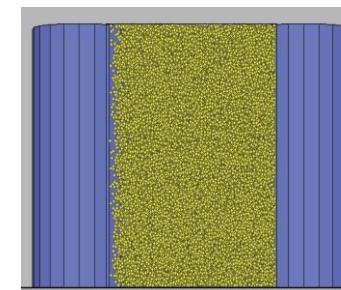
槽仓三维有限元力学分析数值模拟案例：荣获煤炭行业(部级) 第十四届优秀工程一等奖

目标：

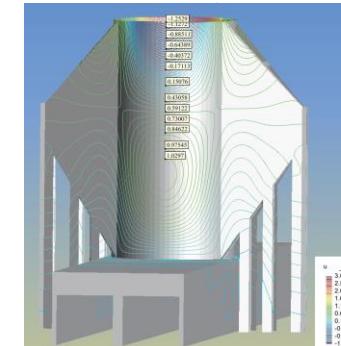
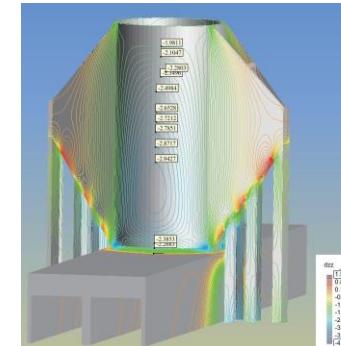
- 1、基于弹塑性理论开发三维并行有限元计算程序，应用于槽仓支护方案的数值模拟分析
- 2、采用并行算法进行仓体结构和边坡的受力状况分析和三维有限元多场耦合力学分析
- 3、预测分步开挖和施加支护措施后各部位的变形和应力，指导平朔东露天煤矿大型槽仓的设计，为设计 和安全运行提供参考
- 4、解决工程实际问题



落煤筒整体网格模

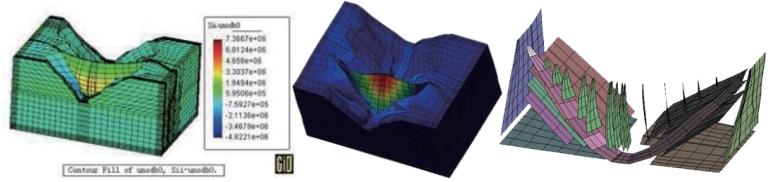


散粒体模拟落煤筒

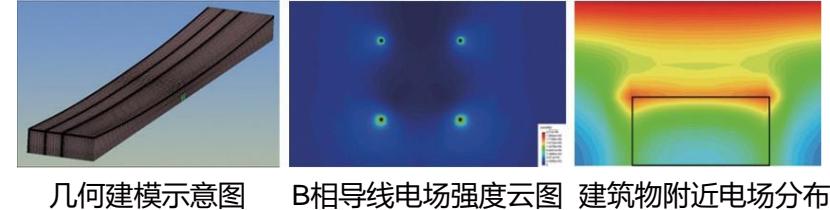
东西方向位移等值线图
(受力侧) 单位: mm竖直方向应力等值线图
(受力侧) 单位: MPa

咨询项目

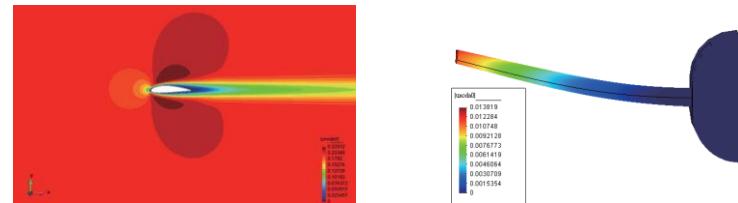
土木工程
混泥土坝抗震安全评价并行计算



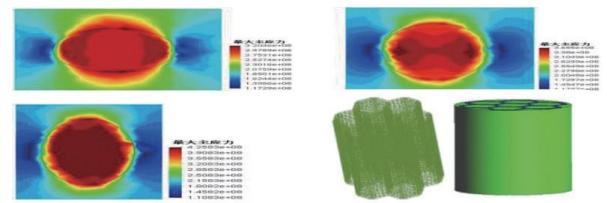
电机工程
输电线路电磁环境有限元计算



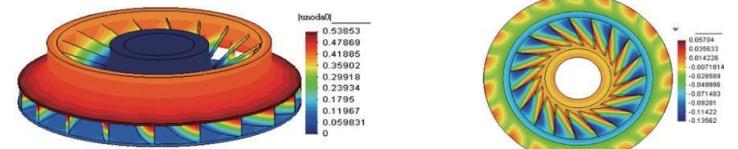
航天航空
跨音速颤振流固耦合



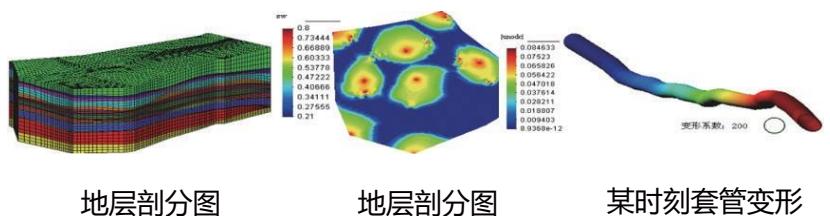
材料工程
复合材料分析



机械工程
鼓风机叶轮高速旋转强度分析



石油工程
油田套损机理分析



合作伙伴

高校科研



北京大学



清华大学



天津大学



山东大学



中国科学院大学



浙江大学



中国石油大学



南开大学



东北大学



西南交通大学



华北电力大学



北京工业大学



北京理工大学



河海大学



昆明理工大学



中国地质大学



同济大学



大连理工大学



上海交通大学



中国矿业大学

企业用户



华为



中国运载火箭技术研究院



国家电网



中国石油



中国石化



中国科学院电工研究所



北京市计算中心



摩托罗拉



中国中铁



中核集团



北京利尔



宝武钢铁



水利水电科学研究院



广西地震局



中国地震局



中国海洋石油总公司



中国航空研究院



中国建筑科学研究院



中国地质科学院



中船重工

THANK YOU

Copyright©2016 Huawei Technologies Co., Ltd. All Rights Reserved.

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.