



清华大学

# 超算互联网与超算算力互联

清华大学/国家超算无锡中心 黄震春

2023/11/29

清  
華  
園

## 算力网络与超算互联网

### 组成与体系结构

### 超算互联网原型项目

### 总结与展望

## 算力

- 来自各种设备的计算能力，代表对数据/信息的处理能力

## 分为

- 通用算力：通常表现为云
- 超算算力：用来实现超高性能的科学工程计算的算力
- 智能算力：处理人工智能问题（深度学习）的算力

## 算力网络

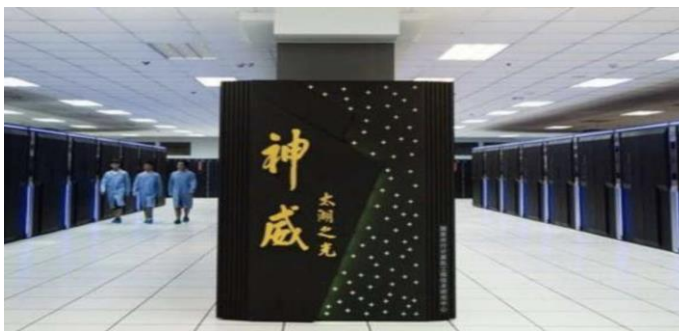
- 算力需要被共享、被调度、被协同
- 算力与网络的结合，形成新的基础设施，即为算力网络
- 更多地从网络的角度来解决算力共享和调度过程中的问题，目前更倾向于通用算力的算力网络

## 超算

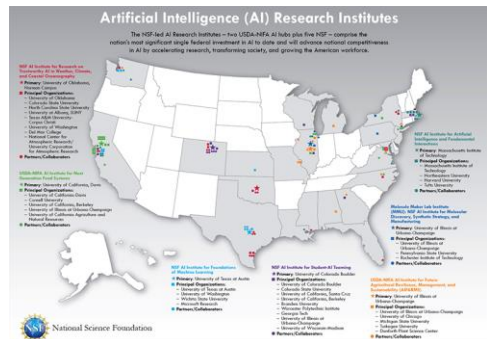
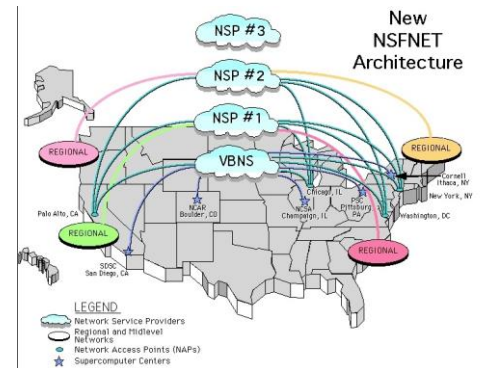
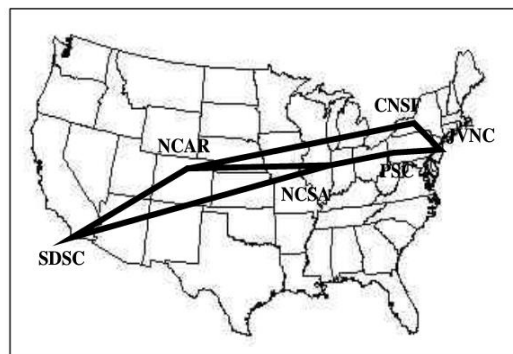
- 多级异构并行，计算能力强大
- 用于科学与工程计算，解决挑战性的大型问题
- 通常批处理，以计算任务为单位进行调度

## 我国超算的发展

- 在世界上占有一席之地
- 世界领先的超算建设能力，多次夺魁的超级计算机
- 已建成十四个国家超级计算中心及多个行业/机构超级计算中心
- 超算应用上的突破，多次获得戈登·贝尔奖
- 在科研、工程、社会发展、国家安全等方面起到重要作用







最新的网络技术都会在第一时间应用于超算间的互联

## 超算互联



不同时期推出超算应用环境研究计划

TeraGrid™



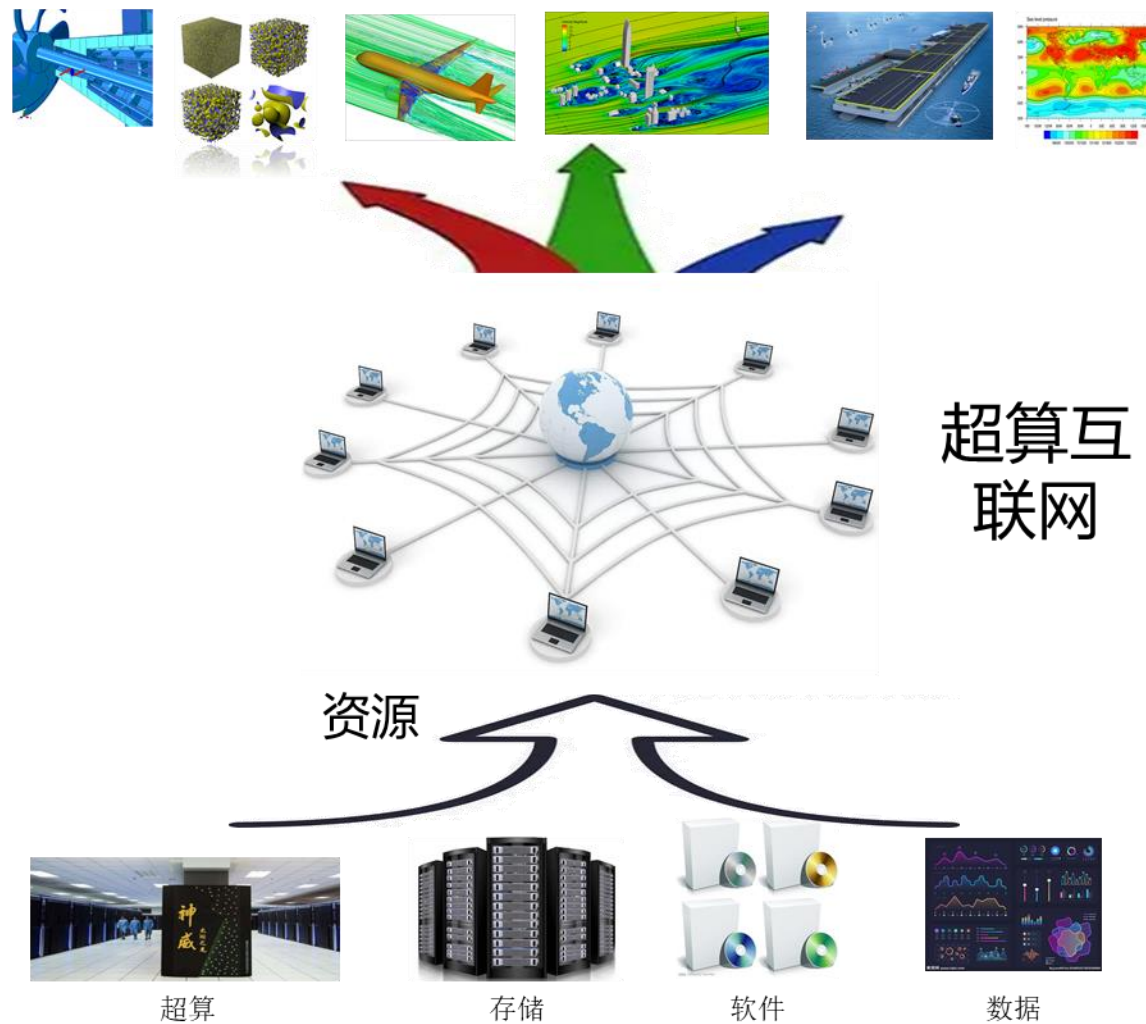
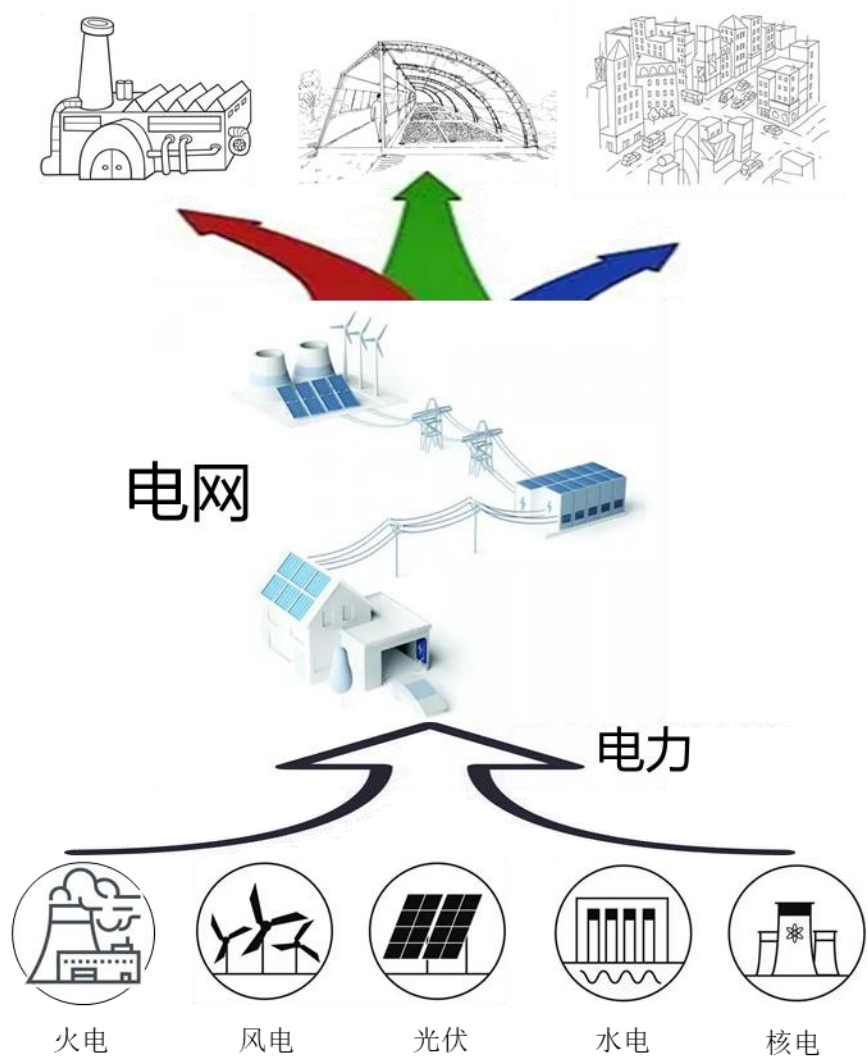
## 以超级计算机和高速互联网为基础的国家级先进计算基础设施

- 以高速网络互联地理上分布的超级计算资源
- 构建具备超算资源共享与交易能力的公益性资源平台
- 支持算力、数据、软件、应用等资源的共享与交易
- 面向各领域与产业用户构建具有专业的领域应用平台
- 为科技创新、产业升级、社会发展、国家安全等提供基于超算算力的专业服务

## 超算互联网的目标与意义

- 发挥超算资源潜力，打造全球第一算力的战略性关键信息基础设施
- 扩大超算的应用群体
- 探索超算中心、超算软件开发者和超算用户三方共赢的新型超算商业模式
- 实现超算中心从提供算力到提供服务的重大转变
- 提升超算对科技创新、经济建设、社会发展的推动能力，为创新型国家的建设提供基础性的计算支撑

# 超算互联网 vs 电力网



## 超算互联网 vs 电力网



## 电力网

- 制定标准的发电、传输、用电规范
- 构建基本的电力传输和交易平台
- 将来自于火电、水电、风电、核电、光伏等不同来源的电力整合到一起
- 为工业、农业、居民、科研等各种电力用户提供即用即得的电力服务

资源

超算

存储

软件

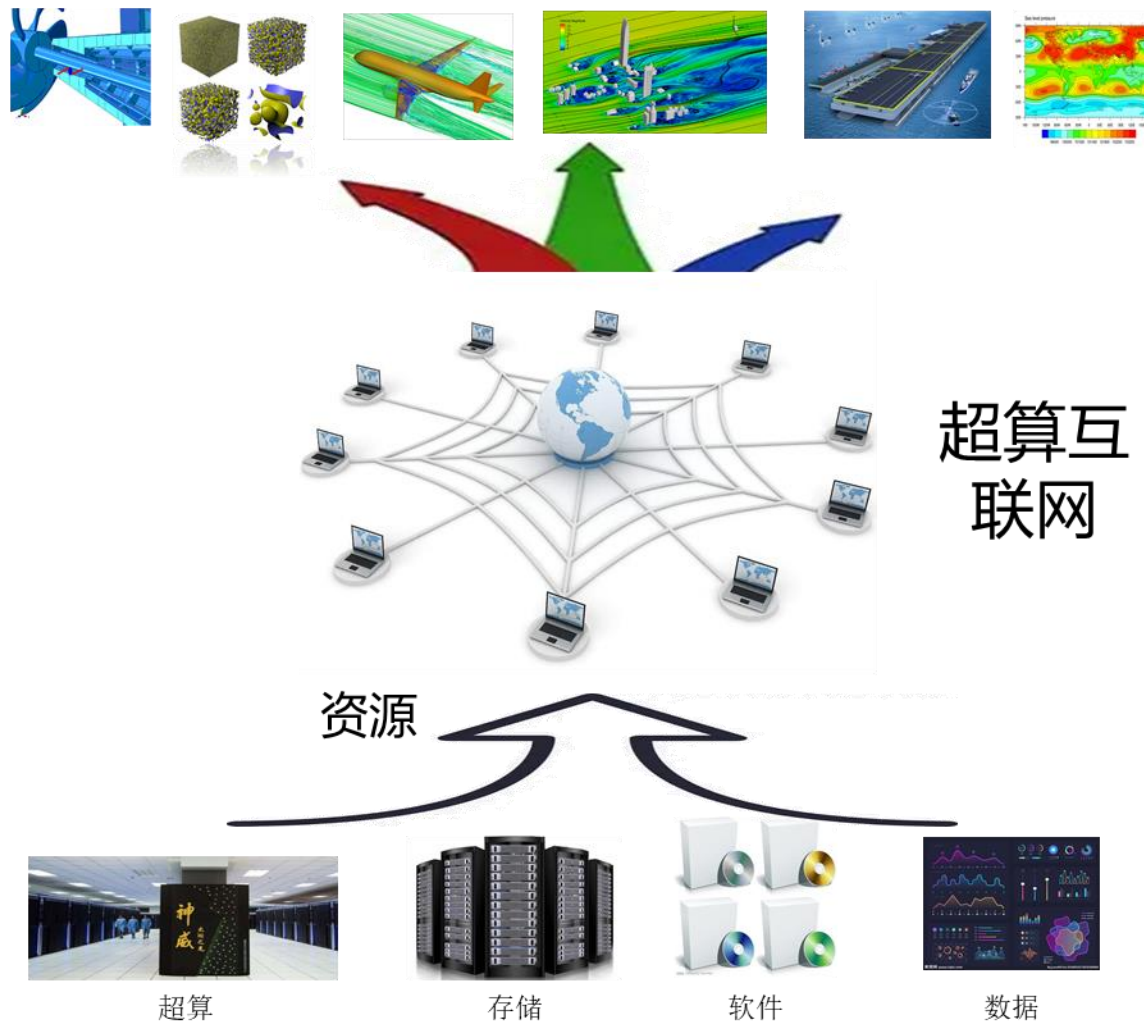
数据



# 超算互联网 vs 电力网

## 超算互联网

- 制定资源接入、共享、交易等规范
- 构建具备资源共享与交易能力的公益性资源平台
- 将来自各级超算中心、云计算企业、科研机构等不同来源的算力、数据、软件、应用等抽象为统一的超算资源并整合到一起
- 为科研、生产、生活和国家安全等提供高效专业的超级计算服务



算力网络与超算互联网

**组成与体系结构**

超算互联网原型项目

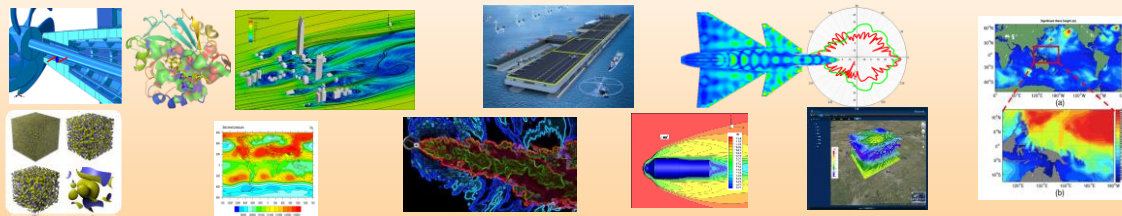
总结与展望

# 超算互联网的组成

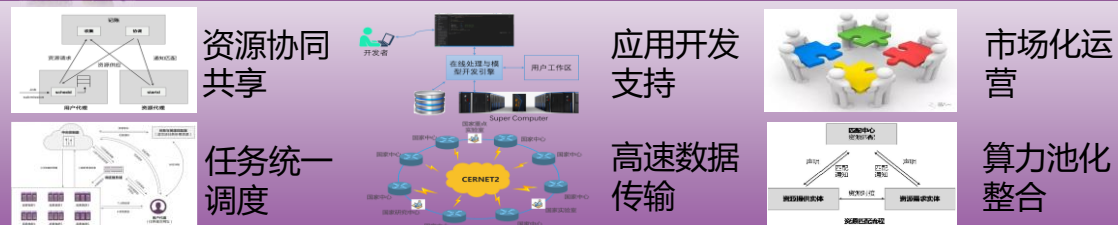
设计开发各种工具，建设超算互联网应用平台  
面向行业和应用领域提供基于超算的专业服务



制定超算互联网标准，规范超算互联网资源  
建设应用商店，实现超算互联网资源市场化



建设超算互联网核心平台  
实现超算资源共享与算力集成调度管理



使用高速网络互联超算中心  
形成基于高速网络和超算资源的硬件环境

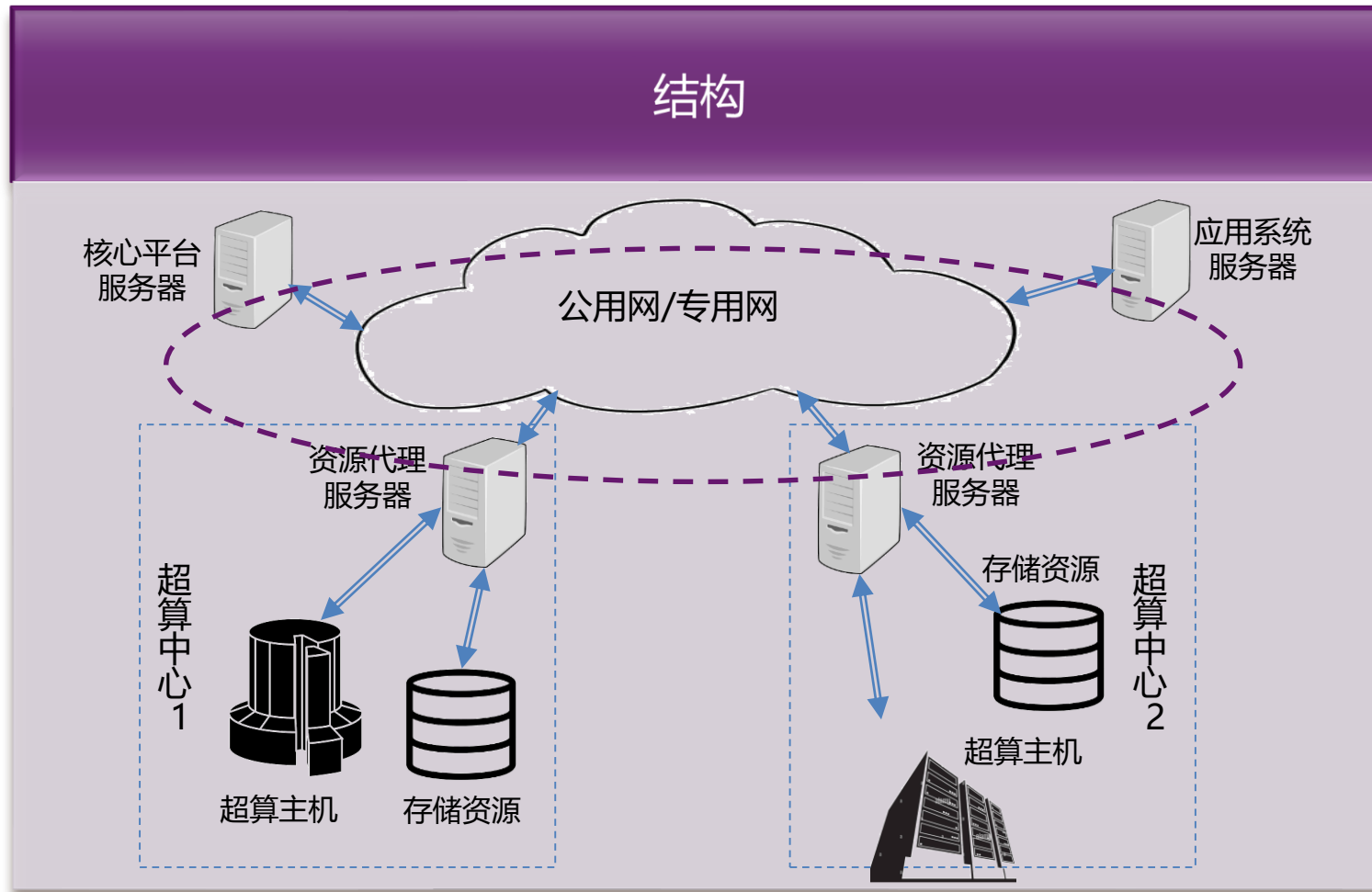
基于高速互联网与超级计算资源的  
超算互联网硬件环境



## 目的

- 建立连接各超算和相关资源的虚拟私有网络
- 为超算之间、用户与超算间等数据交换提供高速和安全的数据传输通路
- 超算互联网的网络基础

## 结构





## 核心任务

为超算互联网提供运行必须的基本服务和  
管理功能（认证与授权、计算任务管理、  
数据管理、应用商店.....）

接入算力、存储、软件等超算资源，形成  
核心资源网

实现核心资源网中各种资源的共享、调度  
和交易

支持基于核心资源网面向行业和应用领域  
开发业务应用

## 基本功能

全局统一认证和分散授权，用户统一管理

静态与动态全局资源信息服务

计算任务管理和全局任务调度

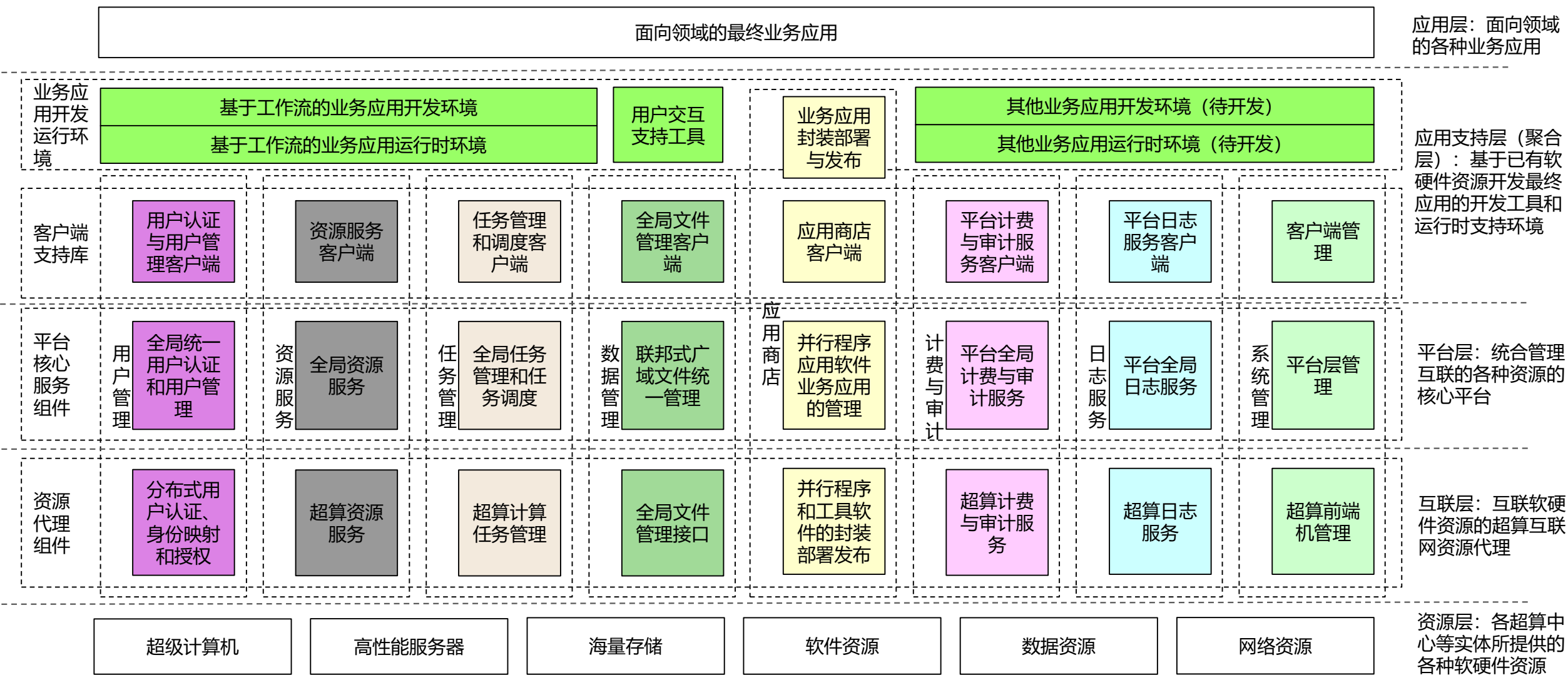
全局分布式数据存储服务

并行程序的封装、部署、发布和交易

超算资源交易、计费与审计

日志与系统管理

.....



# 标准化、服务化与资源交易

## 标准化

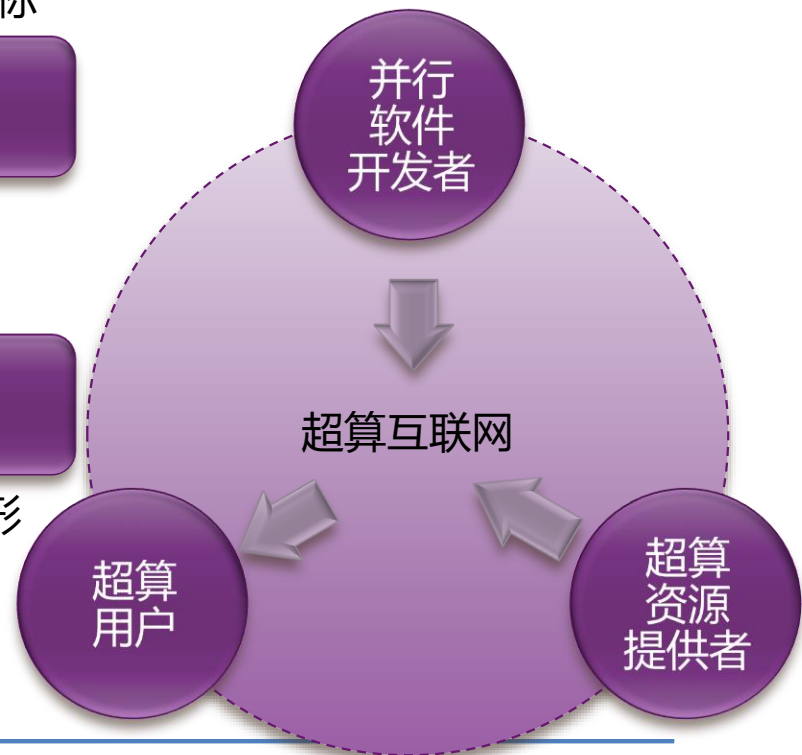
- 开放的资源共享与整合需要标准先行
- 使用积累的成熟标准，保证兼容性、稳定性、可用性
- 构建超级计算资源管理及应用服务体系，提供跨超算中心的统一服务策略和评价指标

## 服务化

- 将超算的算力抽象为标准化的计算服务
- 支持面向应用领域的服务设计，将应用领域中的知识融合到计算服务之中

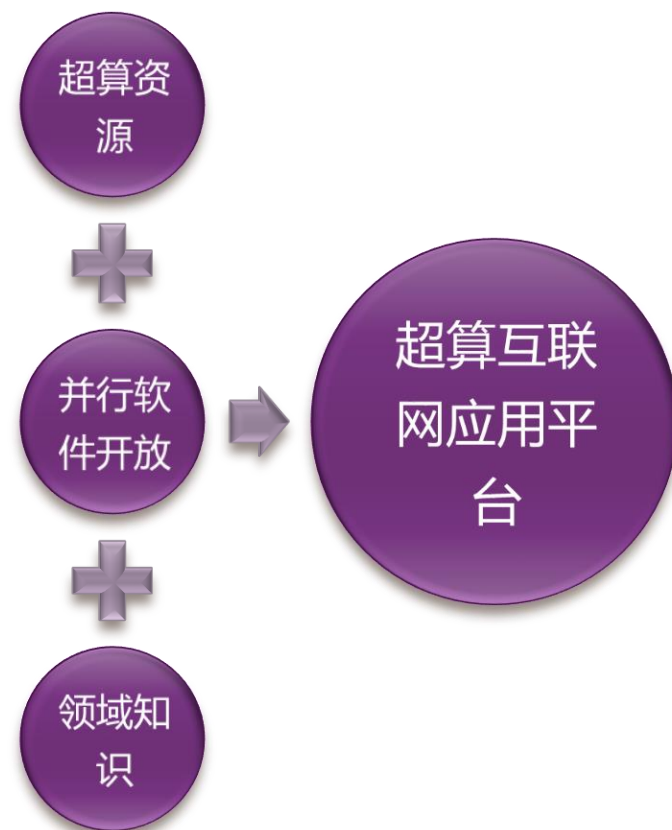
## 资源交易

- 算力、存储、并行软件、应用系统.....各种资源都可以通过超算互联网进行交易，形成“超算淘宝网”
- 探索超算资源提供者、超算软件开发者和超算用户三方共赢的新型超算商业模式



## 应用平台

- 通过产业扶持与技术支持，集中优势力量，针对重点行业和产业，形成面向行业或产业的具有技术和市场优势的企业联盟或集群，构建超算互联网应用平台，为最终用户提供基于超算的专业化业务服务
- 超算资源、并行软件开发能力和领域知识三方的结合是应用平台建设的核心
- 针对行业和领域应用的特点，提供应用平台构建工具包，为基于已有超算资源构建应用平台提供从开发到部署运行的全生命周期支持



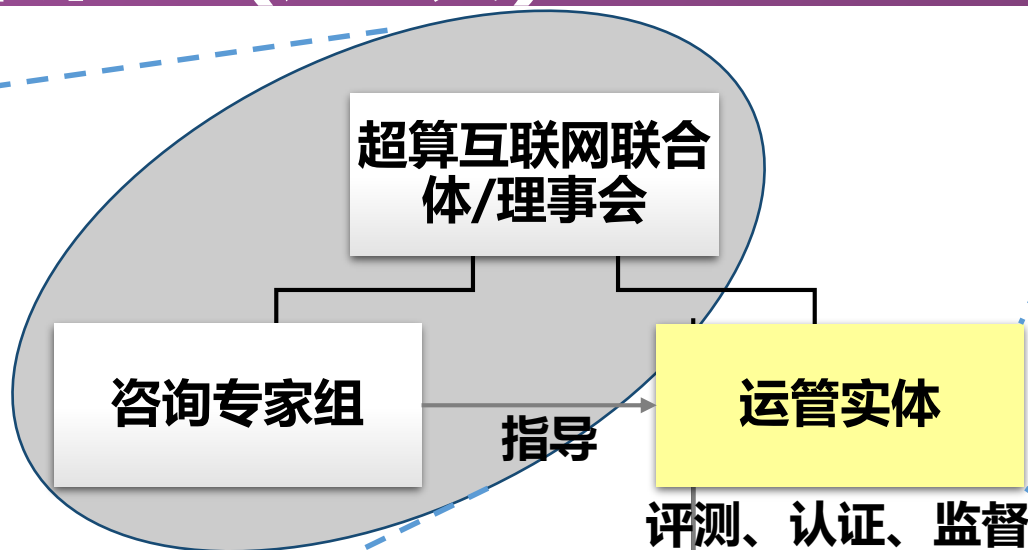


# 管理和运营架构 (建议)

- 由各超算中心、超算研制机构、网络运营商等联合成立
- 采用理事会负责制
- 负责

- 顶层设计和发展规划
- 制订运营机制
- 制订运营服务的技术标准、服务规范

- 可以有多个，形成竞争
- 提供多种领域应用平台服务，获取收益
- 运营中心可以自行选定运营模式
- 参照淘宝网、携程网的运营模式，通过全社会参与，互利共赢，做大做强



- 由联合体各单位发起
- 实施发展规划
- 对运营实体进行评测认证
- 运营核心资源网
- 监督运营实体的日常运转



## 标准申报路径包括：

### 国际标准

ITU-T SG13 Future networks (& cloud)

### 国家标准

SAC TC28/SC41 全国信息技术标准化技术委员会物联网分技术委员会  
全国智能计算标准化工作组超算互联网研究组

### 团体标准

中国计算机协会CCF标准工作委员会、超级计算创新联盟

## 现阶段推进标准：

### □ 《超算互联网络 参考架构》

规定了超算互联网络参考架构，包括超算互联网络功能架构和角色与活动等。适用于超算互联网络的设计开发、服务管理和实施应用。

### □ 《超算互联网络平台 资源信息服务接口规范》

规定了资源信息整合与服务用于获取前端机所管理的各超算主机的资源信息，包括资源信息服务接口、接口格式要求、接口设计要求和接口安全要求等。适用于超算互联网络平台资源信息服务的设计开发和服务管理。

### □ 《超算互联网络平台 计算任务接口规范》

规定了提供超算互联网络平台计算任务的数据报送接口，包括功能要求、网络框架，接口流程、接口基本要求与消息定义等内容。适用于提供超算互联网络平台任务计算服务的互联网信息服务提供者。

算力网络与超算互联网

组成与体系结构

**超算互联网原型项目**

总结与展望

## 国家高性能计算环境领域应用平台及服务体系建设

**网络与环境建设：**使用高速网络互联超算中心，建设国家高性能计算核心资源网

**支撑技术及服务体系：**研发资源管理与任务调度软件，形成领域应用平台搭建技术体系；为领域应用平台运营提供服务机制、服务模式和评价指标

**领域应用平台建设与应用示范：**在多个重点领域进行应用资源集成与服务集成，建设领域应用平台并开展应用示范



## 高性能端到端传输

- 利用IPv6骨干网络，实现远程高速数据交换的需求
- 优化单流TCP传输速率，解决性能瓶颈

## 兼容IPv4/IPv6应用

- 纯IPv4应用可通过IPv6骨干网络访问超算服务
- 无需改造IPv4应用，对应用完全透明，充分利用IPv6的优势

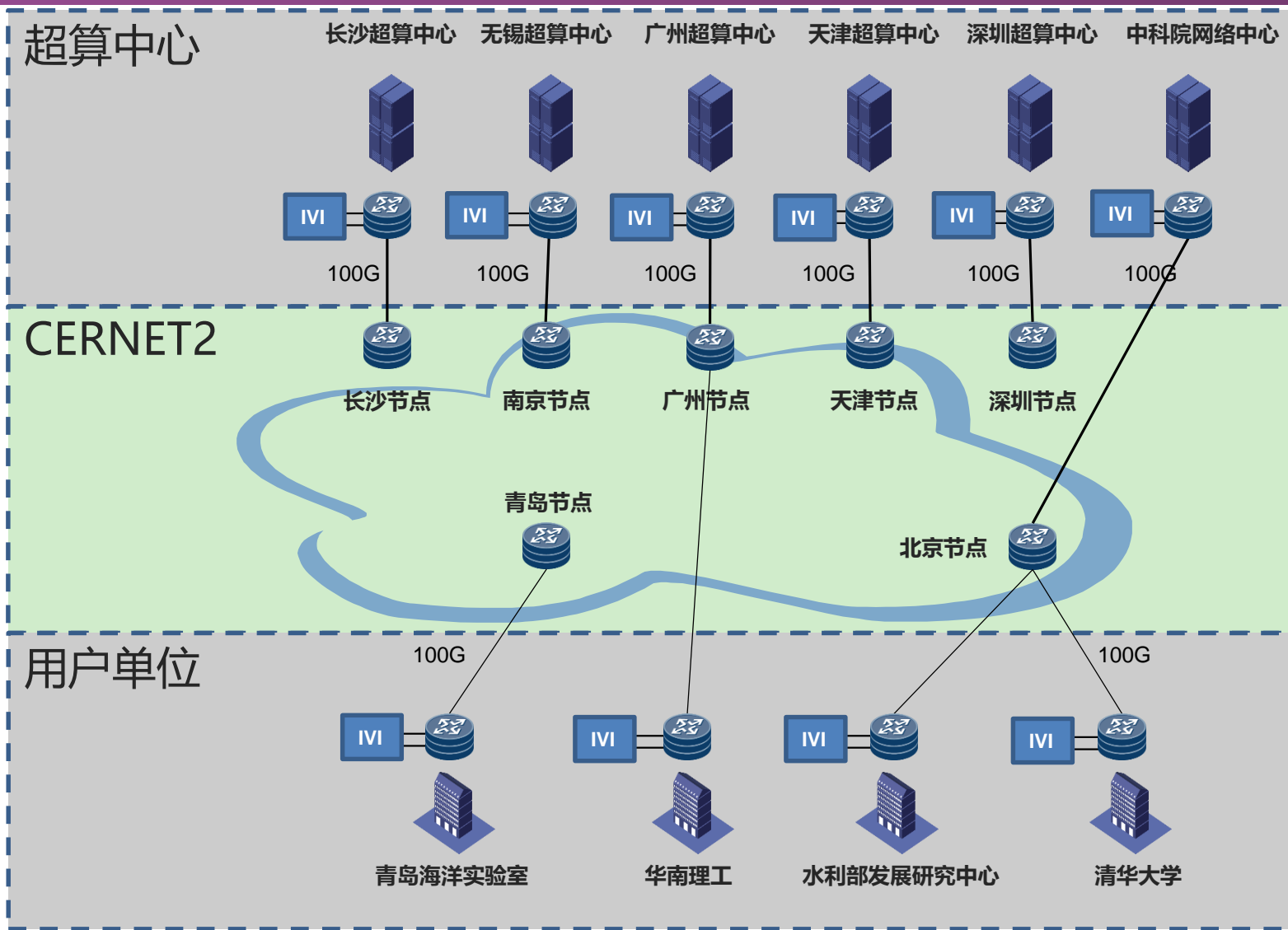
## 适应实际部署

- 适应多出口切片部署场景：同时上联互联网和超算专网
- 适应校园网不同的认证机制

## 流量管理

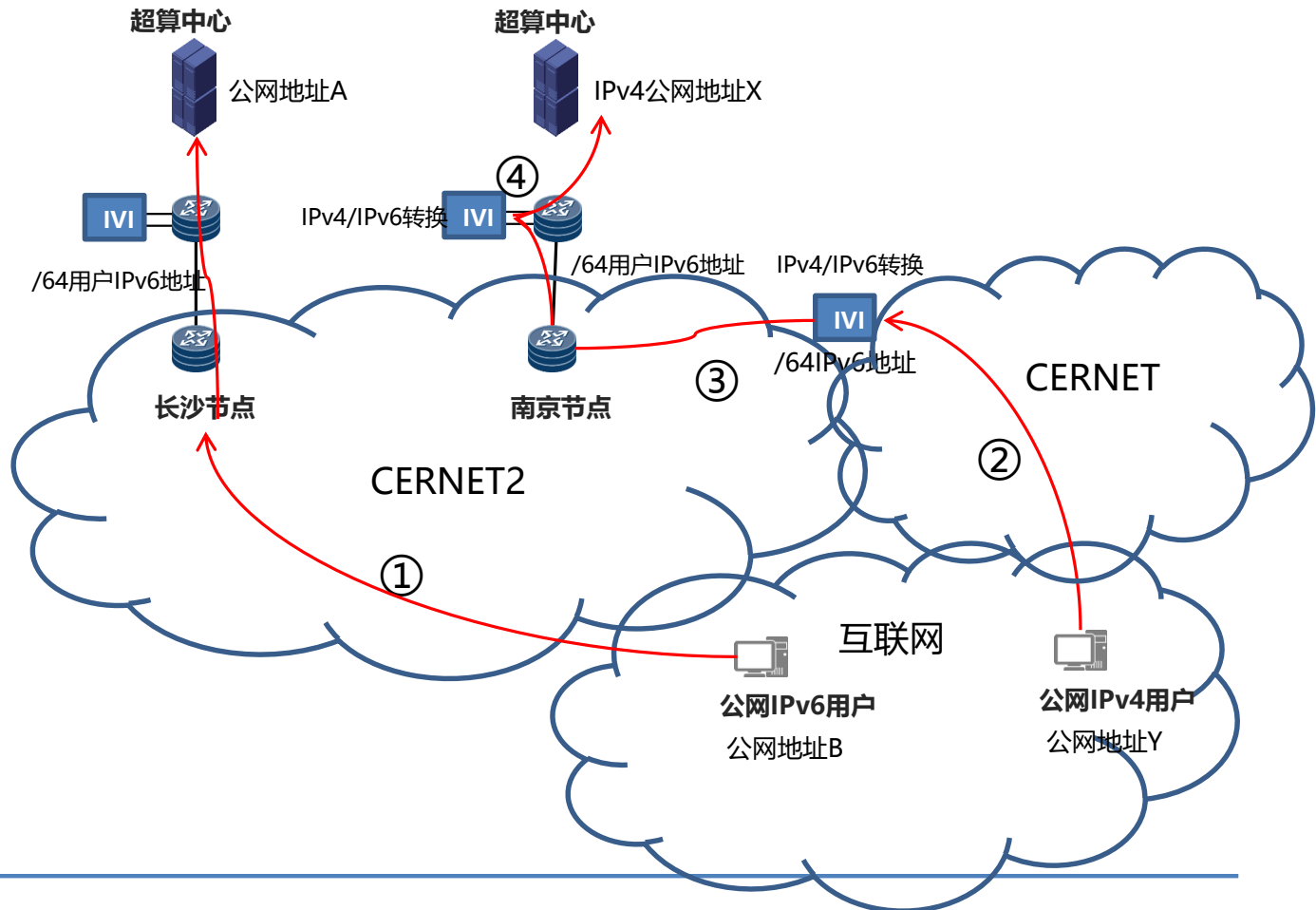
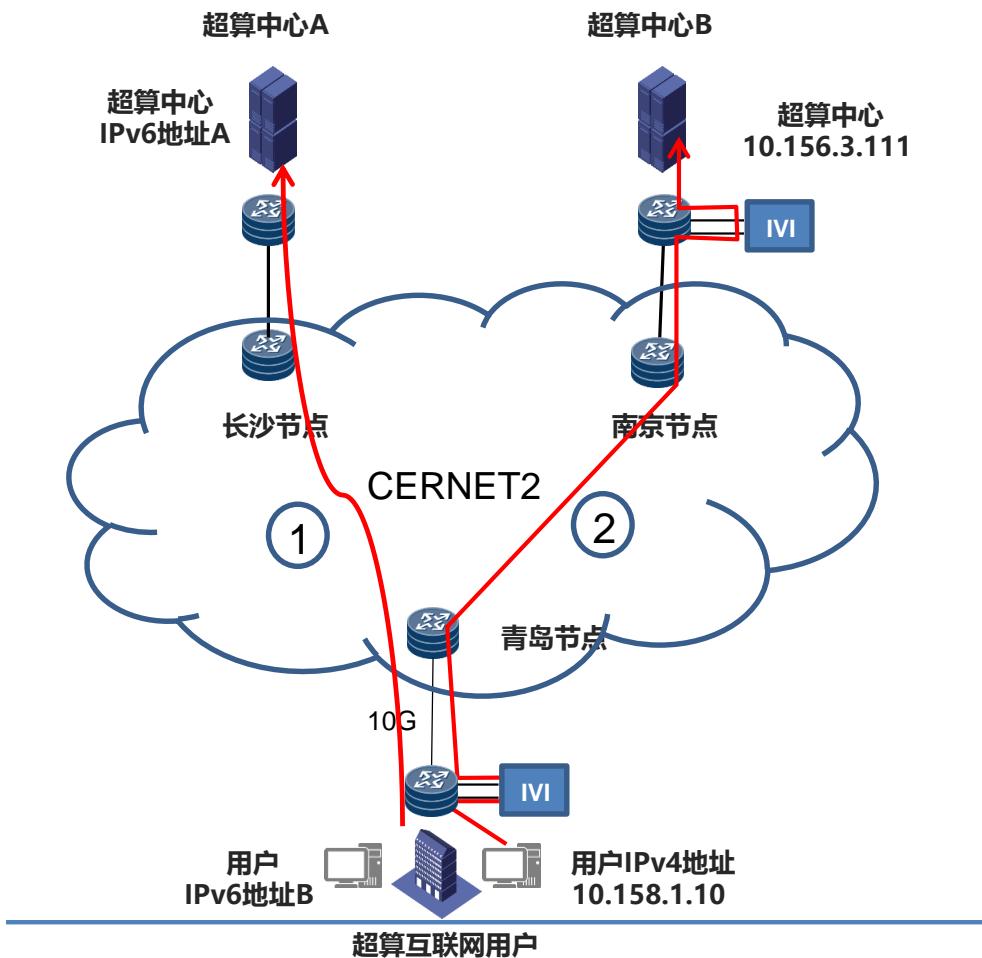
- 针对本特定流量的计费
- 针对本特定流量的流量整形等管理操作

- 各超算中心通过10G直接连接到CERNET2，实现10Gbps的网络互联
- 用户单位连入CERNET2，实现高速连接超算中心
- 通过IVI设备实现IPv4和IPv6的无缝互转，支持公众用户访问超算中心
- 通过DIVI-VPN实现安全访问超算中心



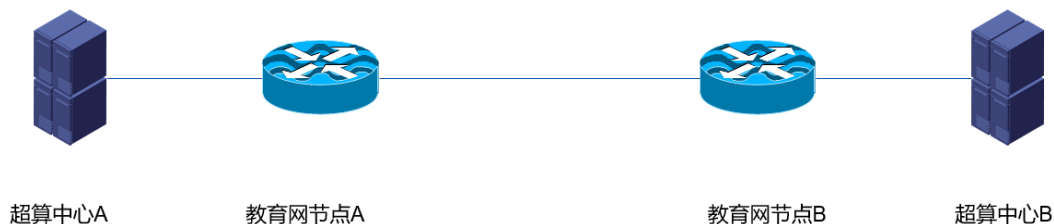
## 用户单位与超算中心的互联

## 公网上的公众用户访问超算中心



序号	测试内容	测试对象	2022年6月21日		2022年6月22日		2022年6月23日	
			最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值
1	纯IPv6	无锡到广州	7.94G	7.90G	8.74G	7.85G	8.91G	7.69G
2		广州到无锡	7.20G	7.07G	7.20G	7.07G	7.27G	7.04G
3	IPv4/IPv6 互通 (单次翻译)	无锡到广州	8.58G	8.56G	8.97G	8.08G	8.91G	8.06G
4		广州到无锡	7.30G	7.18G	7.46G	7.26G	7.42G	7.24G

广州中心和无锡中心两端专网测试结果：**7~9G**



双向打流测试结果  
iperf3 -c 100.66.0.3 -p 5201 -b 10G -P 20 -t 100

```

[ 4] 0.00-100.00 sec 4.94 GBytes 424 Mbits/sec receiver
[ 6] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 434 Mbits/sec 192 sender
[ 6] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 434 Mbits/sec receiver
[ 8] 0.00-100.00 sec 5.07 GBytes 435 Mbits/sec 4 sender
[ 8] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 434 Mbits/sec receiver
[10] 0.00-100.00 sec 5.09 GBytes 437 Mbits/sec 0 sender
[10] 0.00-100.00 sec 5.07 GBytes 435 Mbits/sec receiver
[12] 0.00-100.00 sec 4.72 GBytes 405 Mbits/sec 220 sender
[12] 0.00-100.00 sec 4.71 GBytes 404 Mbits/sec receiver
[14] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 434 Mbits/sec 17 sender
[14] 0.00-100.00 sec 5.04 GBytes 433 Mbits/sec receiver
[16] 0.00-100.00 sec 4.93 GBytes 424 Mbits/sec 57 sender
[16] 0.00-100.00 sec 4.92 GBytes 423 Mbits/sec receiver
[18] 0.00-100.00 sec 5.01 GBytes 430 Mbits/sec 39 sender
[18] 0.00-100.00 sec 5.00 GBytes 429 Mbits/sec receiver
[20] 0.00-100.00 sec 4.99 GBytes 429 Mbits/sec 29 sender
[20] 0.00-100.00 sec 4.98 GBytes 428 Mbits/sec receiver
[22] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 434 Mbits/sec 4 sender
[22] 0.00-100.00 sec 5.04 GBytes 433 Mbits/sec receiver
[24] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 435 Mbits/sec 115 sender
[24] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 434 Mbits/sec receiver
[26] 0.00-100.00 sec 4.90 GBytes 421 Mbits/sec 140 sender
[26] 0.00-100.00 sec 4.90 GBytes 421 Mbits/sec receiver
[28] 0.00-100.00 sec 4.91 GBytes 422 Mbits/sec 142 sender
[28] 0.00-100.00 sec 4.91 GBytes 421 Mbits/sec receiver
[30] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 434 Mbits/sec 63 sender
[30] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 433 Mbits/sec receiver
[32] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 434 Mbits/sec 177 sender
[32] 0.00-100.00 sec 5.04 GBytes 433 Mbits/sec receiver
[34] 0.00-100.00 sec 4.85 GBytes 416 Mbits/sec 44 sender
[34] 0.00-100.00 sec 4.84 GBytes 416 Mbits/sec receiver
[36] 0.00-100.00 sec 5.02 GBytes 431 Mbits/sec 79 sender
[36] 0.00-100.00 sec 5.01 GBytes 430 Mbits/sec receiver
[38] 0.00-100.00 sec 5.07 GBytes 435 Mbits/sec 10 sender
[38] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 435 Mbits/sec receiver
[40] 0.00-100.00 sec 4.98 GBytes 428 Mbits/sec 41 sender
[40] 0.00-100.00 sec 4.97 GBytes 427 Mbits/sec receiver
[42] 0.00-100.00 sec 5.06 GBytes 434 Mbits/sec 6 sender
[42] 0.00-100.00 sec 5.05 GBytes 434 Mbits/sec receiver
[SUM] 0.00-100.00 sec 99.9 GBytes 8.58 Gbits/sec 1482 sender
[SUM] 0.00-100.00 sec 99.7 GBytes 8.56 Gbits/sec receiver
iperf Done.
  
```

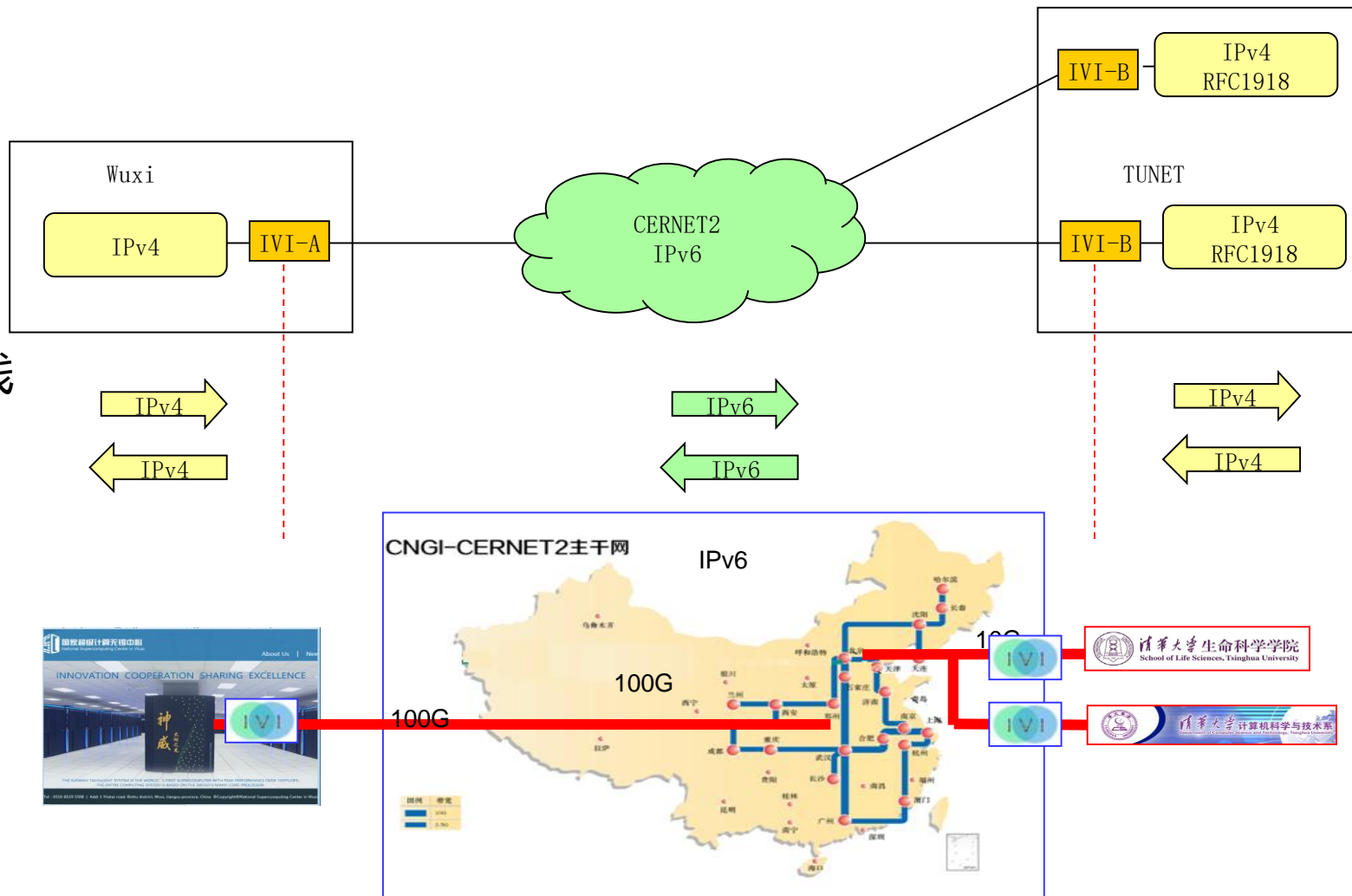


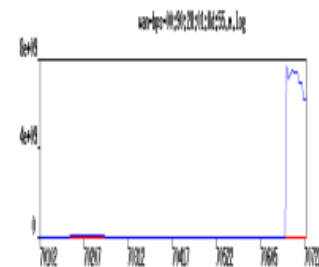
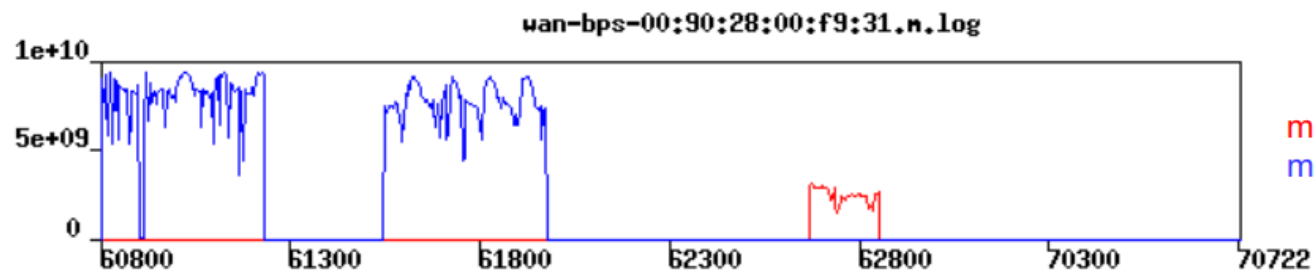
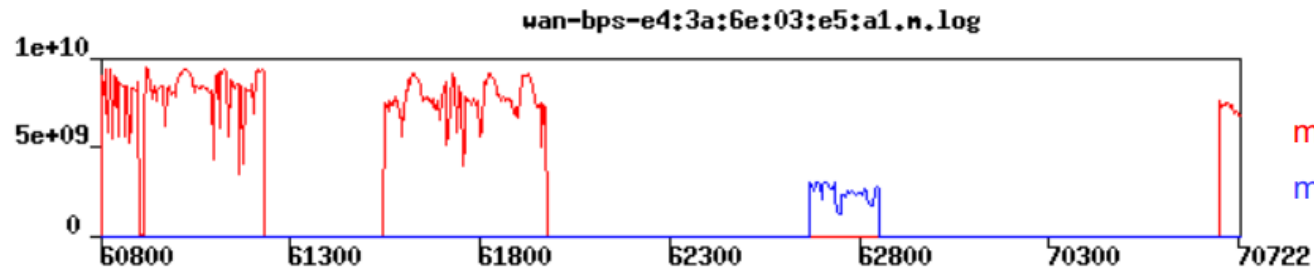
## 基础设施

- 无锡超算中心网络：IPv4/IPv6双栈
- CERNET2：100G IPv6
- 校园网络：IPv4/IPv6双栈

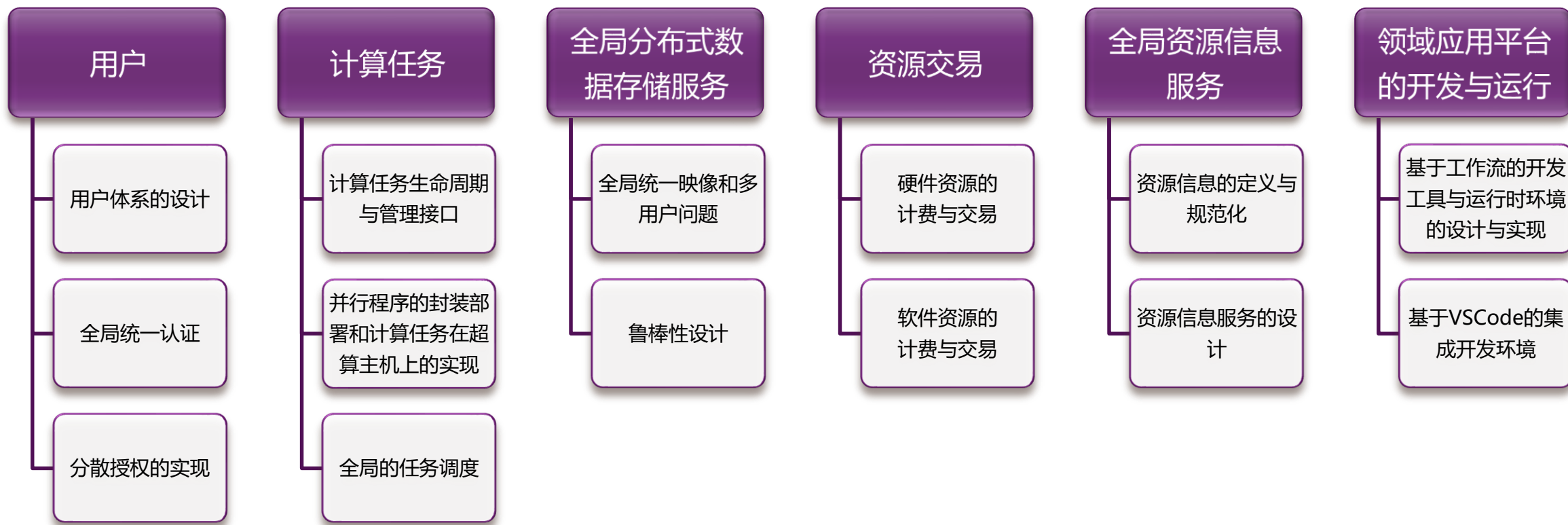
## 基础模块

- 无状态IPv4/IPv6翻译技术IVI





TCP single flow



# 技术路线设计原则

## 松耦合

- 设计上避免对已有系统的修改，不影响已有系统的运行和运营
- 减轻各组件间的耦合，减少业务应用对平台的依赖，提高灵活性

## 标准化

- 标准先行，便于合作和推广
- 使用成熟标准，保证系统的兼容稳定可用

## 服务化

- 将超算的算力抽象为标准化的计算服务
- 支持面向应用领域的服务设计，将应用领域中的知识融合到计算服务之中

## 极简主义

- 每个组件做好单一功能
- 通过标准接口组合成为完整的业务应用

## 用户友好

- 为应用开发者提供服务组合工具，方便业务应用构建
- 构建出来的业务应用对最终用户更加友好，简单易用且符合应用领域的思维惯例和使用习惯

# 部署结构设计与功能模块分割

## 资源代理节点（互联层）

- 超算中心提供各种服务的通路，又称前端机
- 各种资源均通过前端机提供，对超算主机和超算中心的服务模式不做任何修改

## 平台核心服务器（平台层）

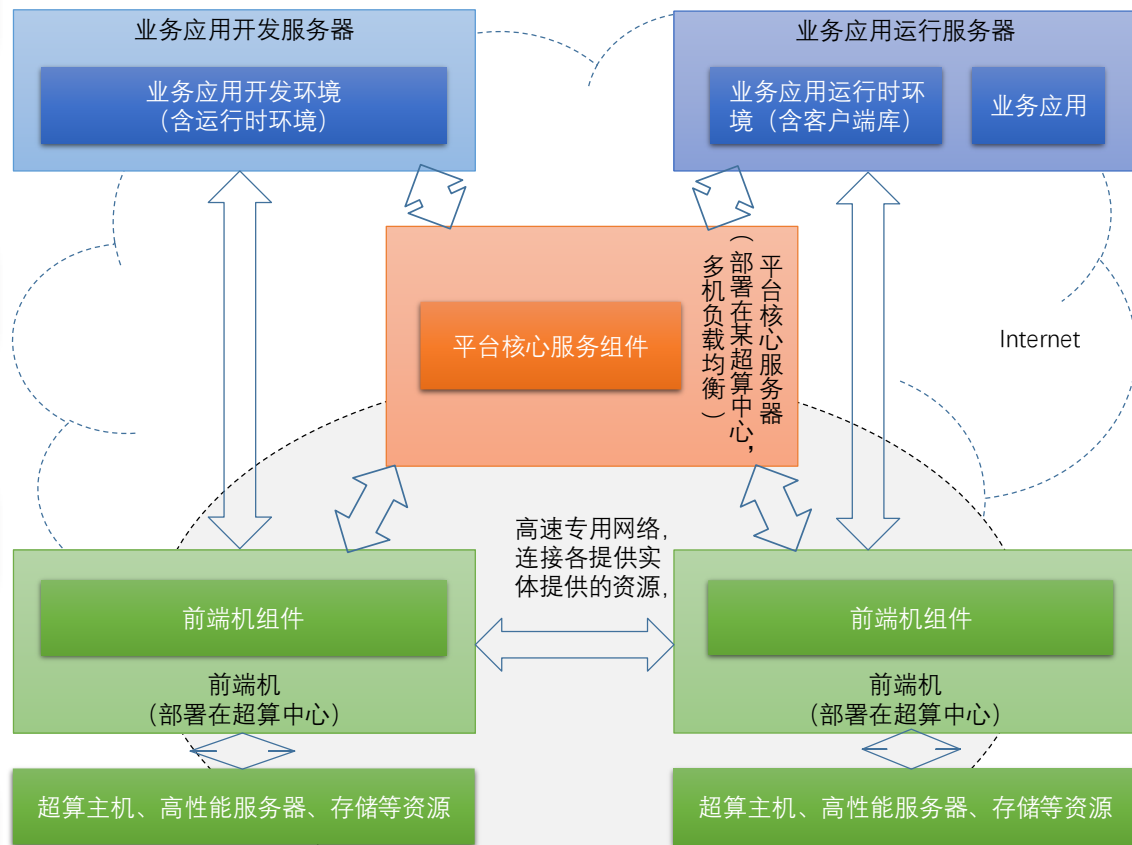
- 部署各种平台核心服务组件
- 可以是一组服务器，多机负载均衡，或者把不同功能部署在不同机器上

## 业务应用开发服务器（聚合层）

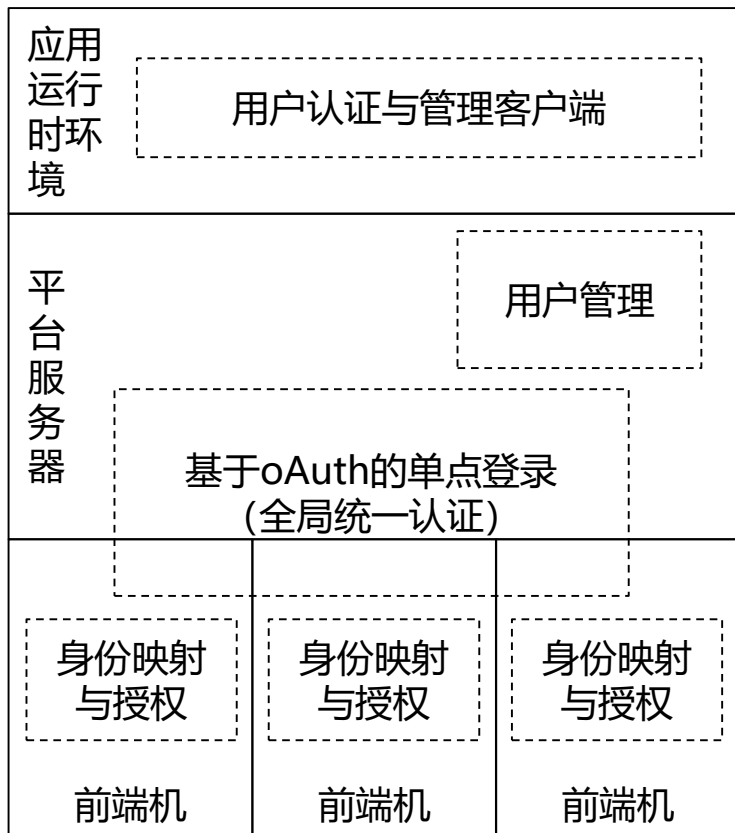
- 部署业务应用开发环境，提供多种业务开发工具和集成环境
- 基于 workflow 支持，应用开发者通过简单的拖拽等动作即可将平台上的各种计算资源和并行程序组织为面向最终用户的 Web 业务应用

## 业务应用运行服务器（聚合层/应用层）

- 部署应用运行时环境
- 独立运行面向最终用户的业务应用

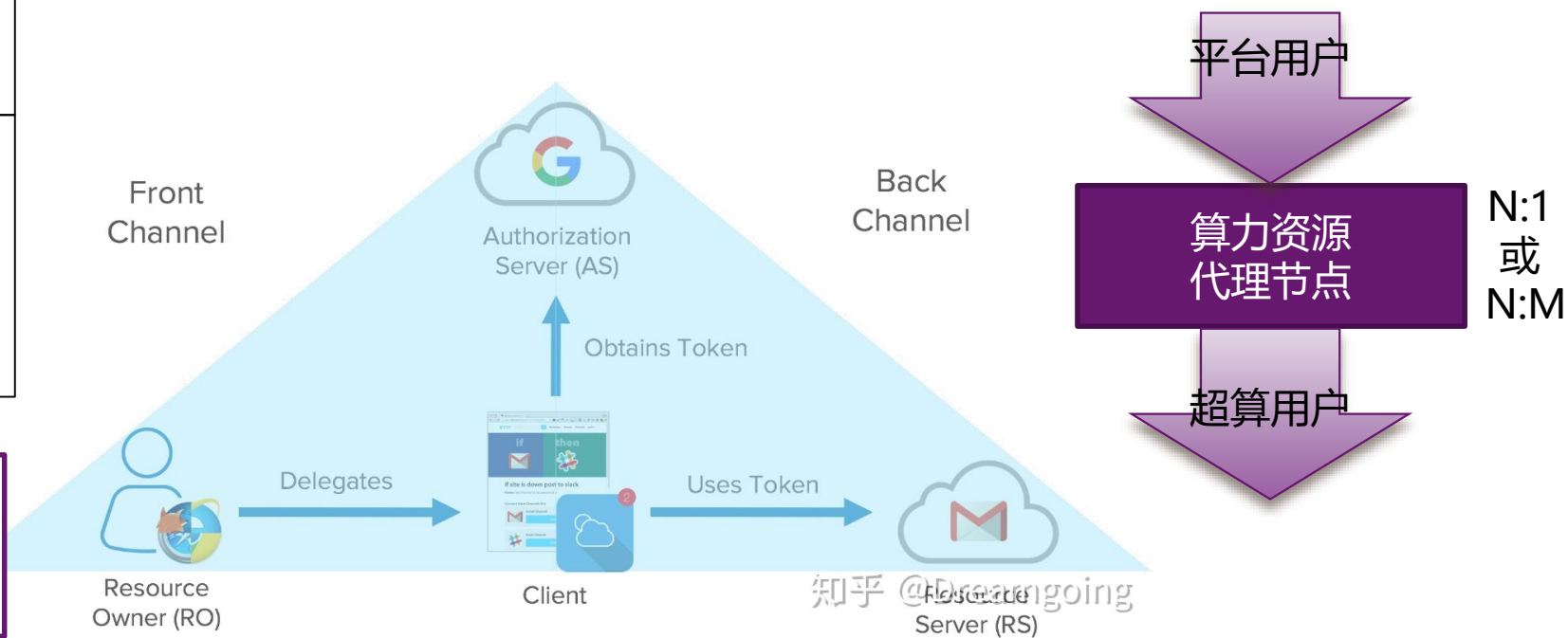






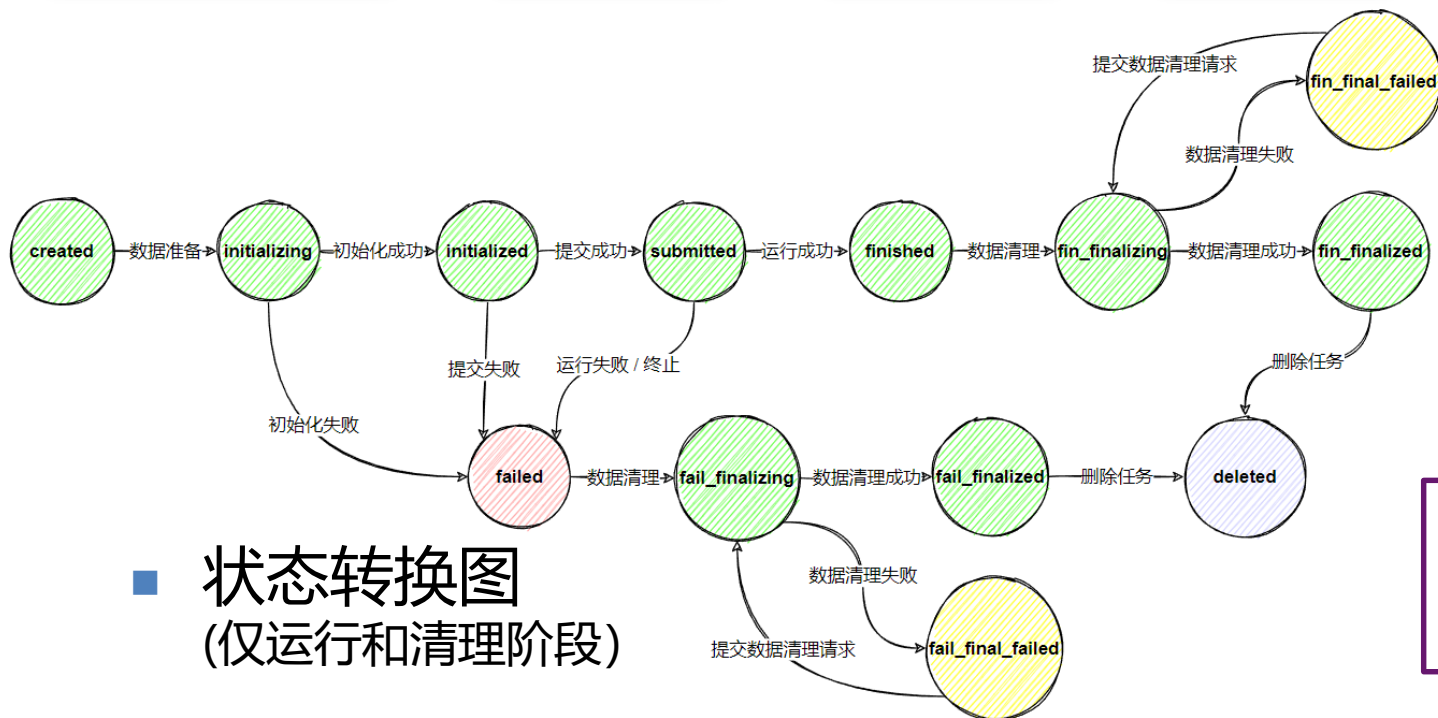
- 适应松耦合需求的独立用户体系和用户管理
- 全局统一认证 (基于OAuth的单点登录)
- 算力资源代理节点的用户映射与授权
- 将用户认证与用户管理相对独立, 提高可用性

紧耦合模式下, 超算主机将和超算互联网平台共享同一套用户体系, 由超算互联网平台统一管理

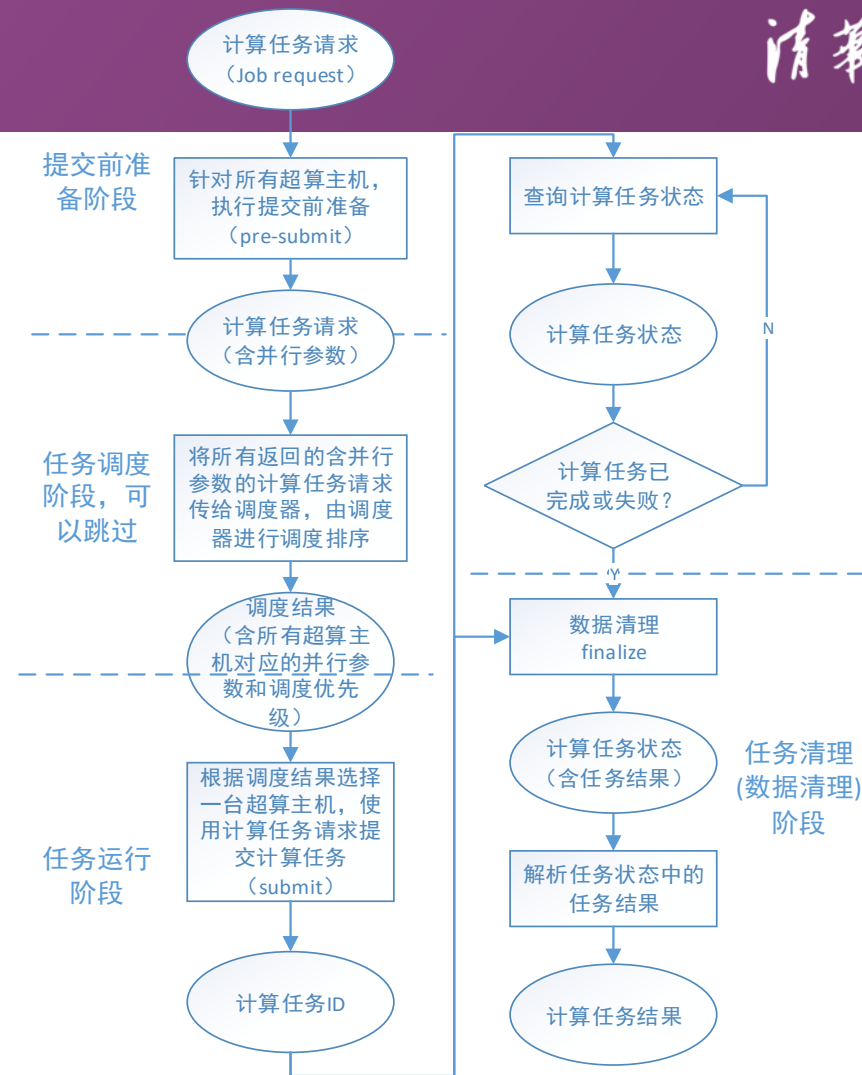


# 计算任务的运行

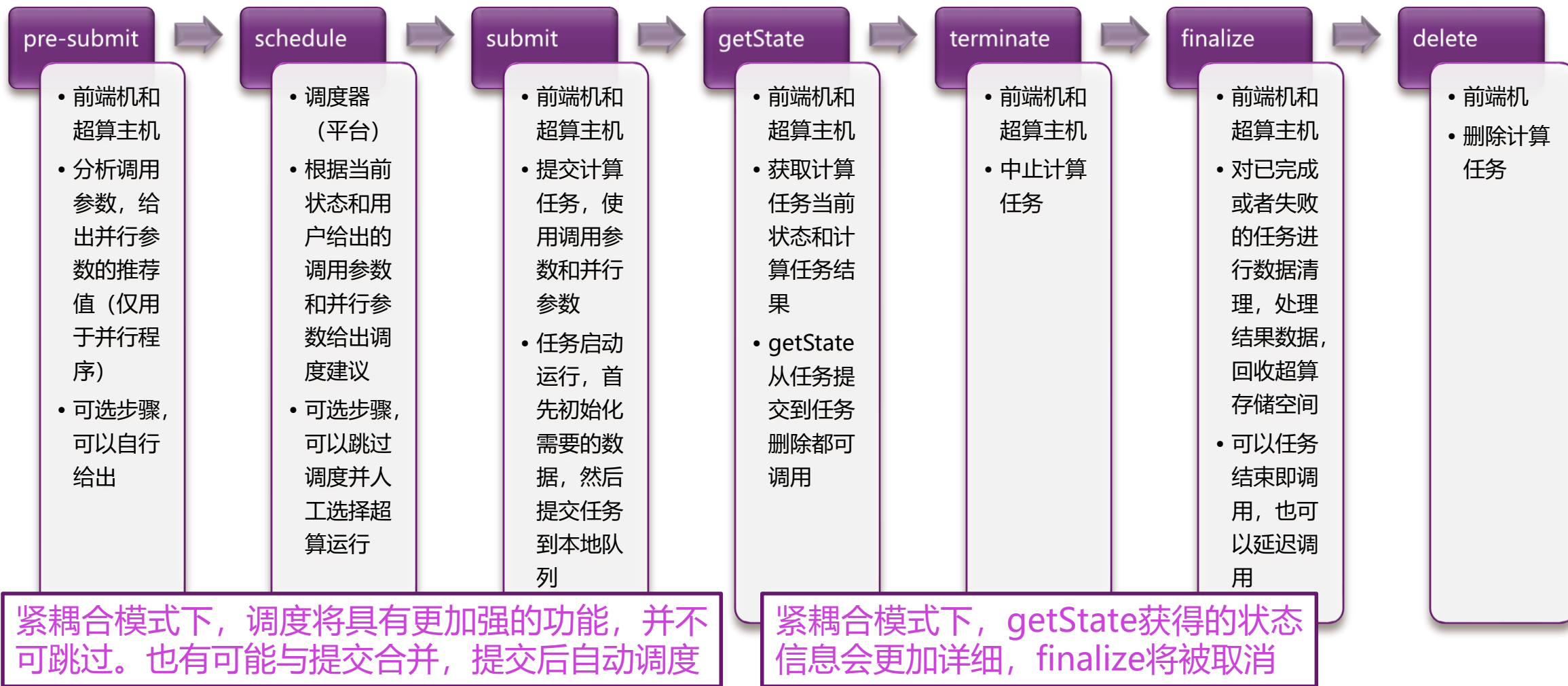
- 计算任务
  - 处理功能的基本单元
  - 通常具有明确的领域应用意义
- 计算任务的运行步骤



■ 状态转换图  
(仅运行和清理阶段)

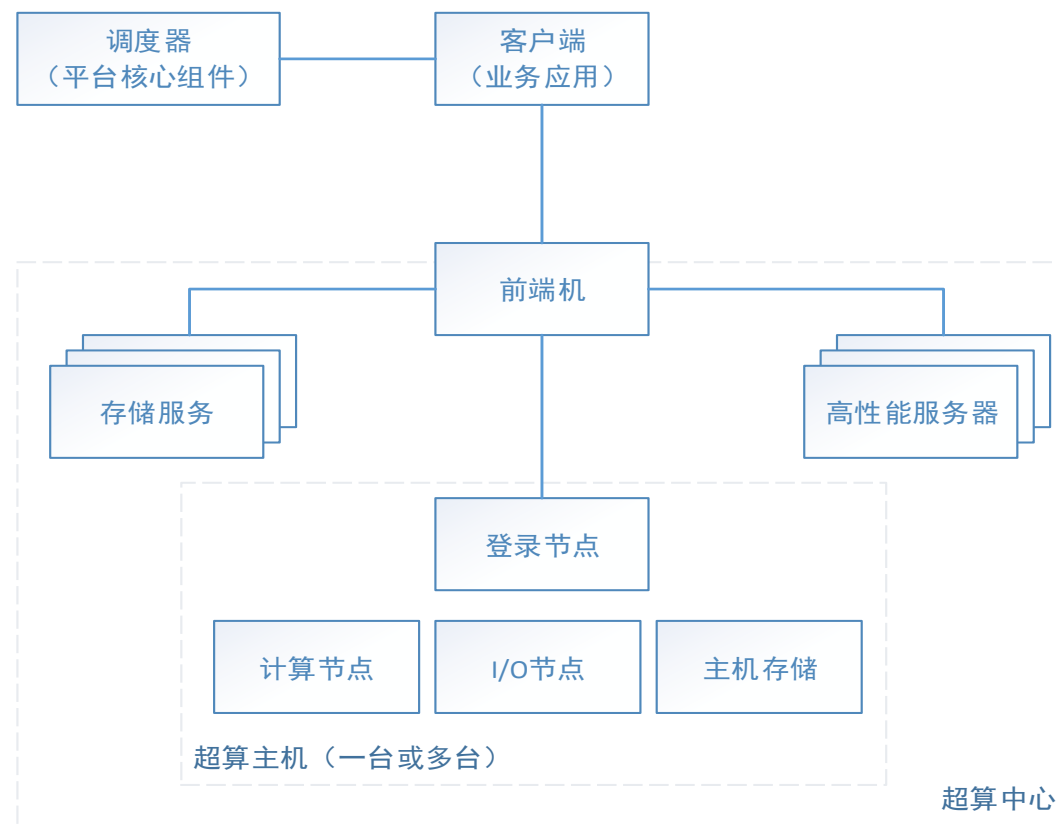


紧耦合模式下，计算任务的状态划分可以更加详细，对计算任务的控制能力可以更强，跨超算的任务调度也可以更加精细



# 并行程序与工具软件的封装

- 需要提供6个脚本，运行于前端机，并ssh远程运行于登录节点（超算登录节点不需要任何修改）
  - pre-submit
    - 提交前准备，分析参数，给出并行参数推荐
    - 仅并行程序需要提供，工具软件无需此脚本
  - initialize
    - 初始化任务，准备本地计算任务运行需要的各种数据和环境（如从存储服务拷贝输入文件）
  - submit
    - 实际提交计算任务到超算的任务队列，或者在本地异步启动计算程序
  - getState
    - 获取计算任务的当前状态和计算结果
  - terminate
    - 终止计算任务
  - finalize
    - 清理计算任务，回传计算任务的结果（到存储服务），清理超算存储上占用的空间
- 这些脚本和程序文件等共同打包，上载至应用商店，供部署使用



超算互联业务管理平台

计算中心

- 仪表盘
- 全局文件
- 应用商店**
- 我的应用
- 计算任务
- 日志中心
- 系统管理


应用商店

请输入应用名称

All 函数库 应用软件 应用系统


标签 多物理复杂体系科学计算 高性能多尺度生物与材料计算 面向环境治理与灾害防治的高性能计算

应用软件




demo01  
版本: 1.1.1

应用软件




提取气象场  
版本: 4.0.2

应用软件



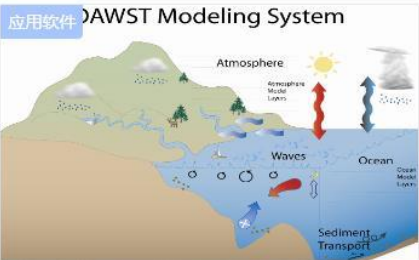
气象资料插值  
版本: 4.0.2

应用软件




海洋、海浪初始场构建  
版本: 1.1

应用软件




DAWST Modeling System

应用软件



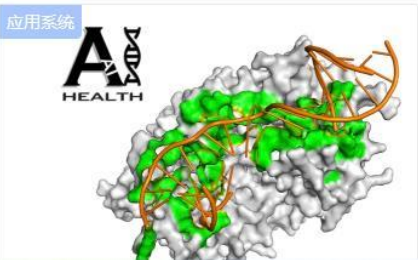
SCRIP\_COAWS

应用软件



WPS\_geogrid

应用系统



HEALTH



The image shows a screenshot of a web application management platform. The main interface is titled "超算互联业务管理平台" (Supercomputing Interconnected Business Management Platform). The left sidebar contains navigation options: "计算中心" (Computing Center), "仪表盘" (Dashboard), "全局文件" (Global Files), "应用商店" (Application Store), "我的应用" (My Applications), "计算任务" (Computing Tasks), "日志中心" (Log Center), and "系统管理" (System Management). The main content area is titled "我的应用" (My Applications) and shows a list of applications, including one named "WPS\_METGRID" with version 2.0. A modal dialog box titled "添加应用" (Add Application) is open in the center, allowing users to create a new application. The dialog has the following fields and options:

- \* 类型** (Type): Radio buttons for "并行程序" (Parallel Program), "工具软件" (Tool Software), and "应用系统" (Application System). "并行程序" is selected.
- \* 运行类型** (Run Type): Radio buttons for "异步" (Asynchronous) and "同步" (Synchronous). "异步" is selected.
- \* 部署方式** (Deployment Method): Radio buttons for "预部署" (Pre-deployment) and "非预部署" (Non-pre-deployment). "预部署" is selected.
- ID**: A text input field with the placeholder "请输入ID" (Please enter ID).
- \* 名称** (Name): Radio buttons for "新应用" (New Application) and "新版本" (New Version). "新应用" is selected. A text input field with the placeholder "请输入新应用" (Please enter new application) is next to it.
- \* 版本** (Version): A text input field with the placeholder "请输入版本,如v1.0.0" (Please enter version, such as v1.0.0).
- \* 适用主机** (Applicable Host): A text input field with the placeholder "选择适用主机" (Select applicable host).
- 图片** (Image): A large dashed box with a blue image icon and the text "拖动图片到此或者点击选择图片" (Drag image here or click to select image) and "(请选择本地图片上传, 文件格式为png、jpg、jpeg、svg)" (Please select local image upload, file format is png, jpg, jpeg, svg).
- 标签** (Tag): A text input field with the placeholder "请选择标签" (Please select tag).

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "取消" (Cancel) and "下一步" (Next Step). The background interface shows a list of applications, including one named "并行程序2346" (Parallel Program 2346) and another with a placeholder image labeled "暂无图片" (No image).

超算互联业务管理平台

计算中心

- 仪表盘
- 全局文件**
- 应用商店
- 我的应用
- 计算任务
- 日志中心
- 系统管理

全局文件

请输入文件名称

已选择文件大小: 0 KB

<input type="checkbox"/>	文件名称	大小	修改时间	操作
<input type="checkbox"/>	.trashcan		2022-08-23 09:58	
<input type="checkbox"/>	app		2022-12-12 14:10	
<input type="checkbox"/>	root		2022-11-18 17:33	
<input type="checkbox"/>	sys		2022-09-15 16:44	
<input type="checkbox"/>	user		2022-12-11 11:20	
<input type="checkbox"/>	user01		2022-12-10 12:35	
<input type="checkbox"/>	user02		2022-09-22 15:37	
<input type="checkbox"/>	workflow		2022-12-12 14:09	

Copyright © 2021-2022

## 计算中心



- 仪表盘
- 全局文件
- 应用商店
- 我的应用
- 计算任务
- 日志中心
- 系统管理**
- 超算中心**
- 用户管理
- 应用审核
- 角色管理
- 计费管理

### Sunway Taihu-Light详情 [超算中心详情](#)

更新时间: 2022-12-13 21:33

#### 基本信息

主机名称	Sunway Taihu-Light
组织	国家超级计算无锡中心
主机体系结构	--
加速器体系结构	--
描述	神威太湖之光超级计算机安装了40960个中国自主研发的申威26010众核处理器，该众核处理器采用64位自主神威指令系统，峰值性能3,168万亿次每秒，核心工作频率1.5GHz。

#### 资源能力

峰值性能	0 (TFlops)
每节点内存	32768MB
可用节点数	1569/4096
每节点处理机数	1569/1
主机的总核数	407940/10649600

#### 任务队列信息

任务队列名 --

任务队列负载状态 +=====+ QUEUE\_NAME CONFIG IDLE BUSY BOOT SLEEP  
DOWN SOFTTT HARDFT IDLEMP E IDLESPE BUSYMP E BUSYSPE +=====+  
q\_sw\_share 3064 1569 1495 0 0 0 0 6276 401664 5202 228360 config\_list:[11264-12279,20480-22527] busy\_list:[11271-11278,11280-11281,11283-11284,11286,11296-11355,11357,11359-11415,11424-11522,11524-11528,11535,11538-11567,11576-11663,11666-11703,11705-11787,11792-11823,11832-11856,11860-11897,11900-12024,12027-12028,12031-12034,12038,12040-12143,12152-12161,12164-12170,12175-12177,12179-12181,12183-12188,12191-12224,12228-12279,20484,20486-20519,20528-20583,20592-20607,20609,20611,20624-20639,20648,20657-20671,20688-20703,20720-20735,20740,20752-20762,21760-22039,22048-22080,22115-22130,22272-22328,22413-22415] idle\_list:[11264-11270,11279,11282,11285,11287-11295,11356,11358,11416-11423,11523,11529-11534,11536-11537,11568-11575,11664-11665,11704,11788-11791,11824-11831,11857-11859,11898-11899,12025-12026,12029-12030,12035-12037,12039,12144-12151,12162-12163,12171-12174,12178,12182,12189-12190,12225-12227,20480-20483,20485,20520-20527,20584-20591,20608,20610,20612-20623,20640-20647,20649-20656,20672-20687,20704-20719,20736-20739,20741-20751,20763-21759,22040-22047,22081-22114,22131-22271,22329-22412,22416-22527]

## 领域应用平台/应用系统

- 基于超算互联网所提供的各种资源
- 结合行业或应用领域的业务特点
- 实现特定的业务流程
- 为最终用户提供面向业务目标的领域应用平台/领域应用系统
- 透明地使用超算服务，用户友好，降低用户的使用门槛

## 领域应用平台开发技术

基于API和SDK的集成开发环境

手段灵活，定制性强

开发门槛比较高，要求开发者精通相关的开发技术

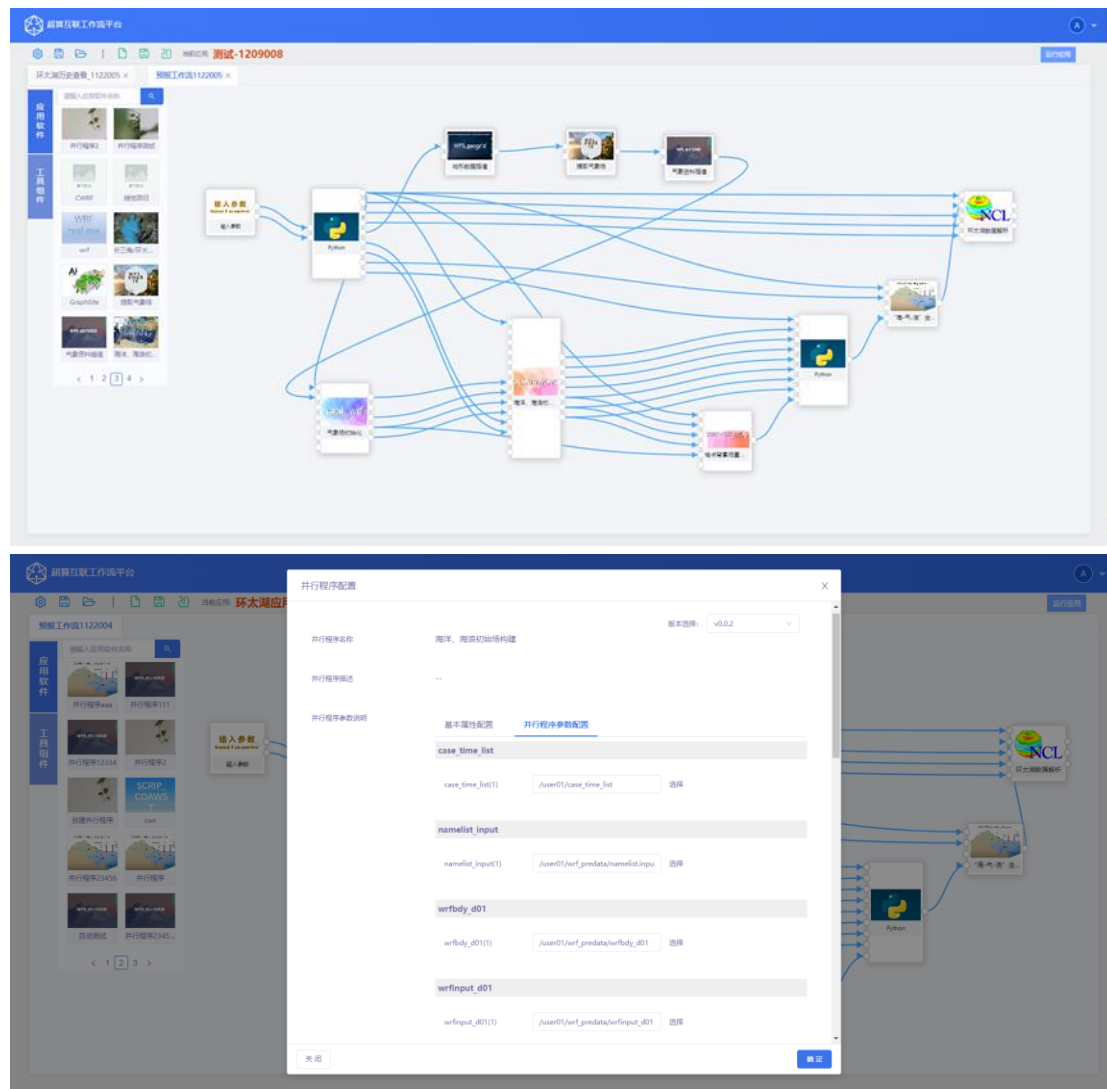
基于工作流的业务应用开发工具

使用工作流描述业务应用，可视化开发，使用简单

开发手段相对单一，灵活性较差

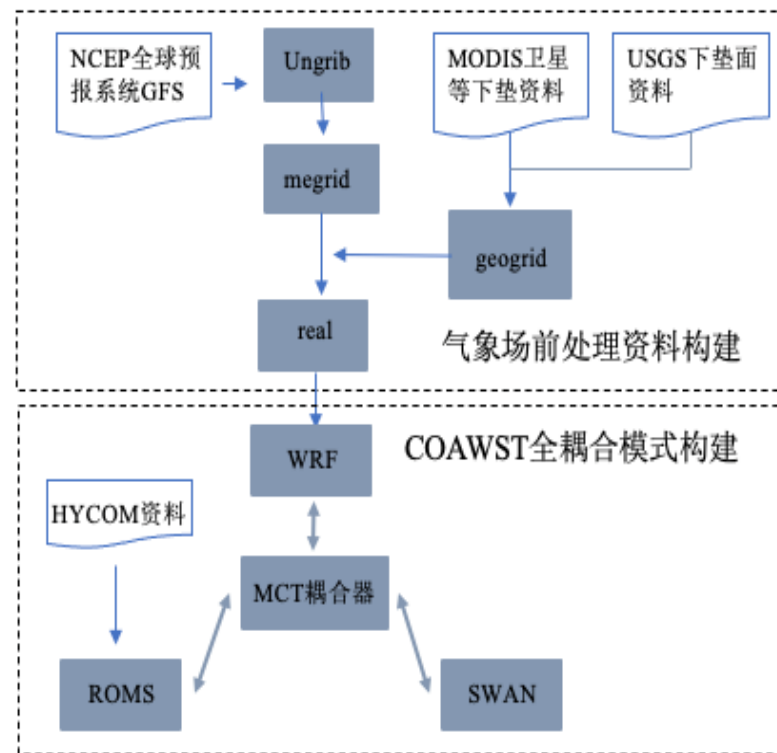
# 基于 workflow 技术的可视化业务应用开发

- 以简单、易用、高效为主要目标
  - 直接连接平台，从应用商店获取并行程序与工具软件列表并直接用作工作流的步骤
  - 提供小工具和小程序，支持字符串处理、文件管理、简单的shell脚本等简单操作作为工作流的步骤
  - 支持将用户交互作为一个步骤嵌入到工作流之中，实现流程中的用户交互
  - 拖拽排列连接步骤，通过设置界面设置步骤的输入输出和并行参数
  - 可以将编写的工作流存储并作为业务应用发布到应用商店
- 未来还将增加更多的业务应用框架，进一步方便业务应用的开发



# 支持开发的业务应用系统原型

- 长三角/环太湖气象预报系统示范应用原型
  - 以海气耦合模式系统COAWST为气象驱动模式，驱动区域大气污染排放模型SMOKE和空气质量模式WRF-Chem，构建适用于沿海地区高精度的空气质量模式预报系统





算力网络与超算互联网

组成与体系结构

超算互联网原型项目

**总结与展望**

## 超算互联网

- 以高速网络互联地理上分布的超级计算资源
- 构建具备资源共享与交易能力的公益性资源平台
- 支持算力、数据、软件、应用等资源的共享与交易
- 面向各领域与产业用户构建具有专业的领域应用平台
- 为科技创新、产业升级、社会发展、国家安全等提供基于超级算力的专业服务

## 挑战与展望

- 面临技术、人才、产业生态等诸多挑战
- 促进国产并行软件的研发和商业化
- 支持典型应用服务平台的研发及商业化
- 促进超算产业生态发展
- 推动超算在各领域和行业的广泛应用，推动超算支持下的产业创新和科研进步
- 为开启算力经济时代提供坚实基础，推动新基建、东数西算等国家总体战略的实施



清华大学

谢谢!