

# 基于开放共享与安全运维的超算中心建设研究

杨博雄<sup>1,2</sup>, 周波<sup>1,2</sup>, 李社蕾<sup>1,2</sup>, 杨婷婷<sup>1,2</sup>, 于营<sup>1,3</sup>, 梁志勇<sup>1,3</sup>, 汪泽宇<sup>1,3</sup>

1. 三亚学院 信息与智能工程学院, 海南省 三亚市 邮编: 572022;

2. 三亚学院 陈国良院士团队创新中心, 海南省 三亚市 邮编: 572022

3. 三亚学院 容淳铭院士工作站, 海南省 三亚市 邮编: 572022

**摘要:** 随着我国超级计算技术的不断发展成熟与广泛深度应用, 许多高校和企业纷纷开始建设自己的超算中心和高性能计算实验室。相比企业建设高性能计算系统所具有的明显应用导向特征, 高校建设超算中心不仅要承担基础科学研究, 还需要进行人才培养, 同时兼顾社会文化服务, 因此高校在超算中心的建设与运维过程中, 需要针对学科发展、地域特色、经济水平、安全等级等各方面要求来进行科学设计与规划。文中根据近年来积累的有关超算建设、管理、运行、维护等方面的工程实施与运营经验, 提出“安全第一、协同发展”的设计思想与“技术为先、应用为导”的运维理念, 以科学研究、人才培养、产业应用、社会服务相结合, 遵循适用性原则, 顾及规模发展与成本效益, 使其相互适宜与协调发展。研究成果可为当前以应用型人才培养为主导的高等院校在超算中心或高性能计算实验室的建设与运维过程提供参考和借鉴。

**关键词:** 超算中心, 高性能计算, 系统运维, 适用性原则, 应用导向

本论文由海南省院士创新平台科研专项资金资助(项目编号: YSPTZX202144)、海南省高等学校教育教学改革研究资助项目(项目编号: Hnjg2020ZD-38)资助。

## Construction and Operation & Maintenance of Application-oriented Supercomputing Center based on Security and Applicability

Boxiong Yang<sup>1,2</sup>, Bo Zhou<sup>1,2</sup>, Shelei Li<sup>1,2</sup>, Tingting Yang<sup>1,2</sup>, Ying Yu<sup>1,3</sup>, Zhiyong Liang<sup>1,3</sup>, Zeyu Wang<sup>1,3</sup>

1. School of Information & Intelligence Engineering, University of Sanya, Sanya, 572022, China;

2. Team Innovation Center of Academician Guoliang Chen, University of Sanya, Sanya, 572022, China;

3. academician workstation of Chunming Rong, University of Sanya, Sanya, 572022, China;

**Abstract:** With the continuous development and extensive application of Supercomputing technology in China, many universities and enterprises have begun to build their own Supercomputing Centers and high-performance computing laboratories. Compared with the obvious application-oriented characteristics of high-performance computing system of enterprise, the construction of Supercomputing center in colleges and universities not only needs to undertake basic scientific research, but also needs to carry out cultivating talents, including social and cultural services. Therefore, it is necessary for colleges and universities to carry out construction and operation and maintenance work of Supercomputing according to the requirements of academic development, regional characteristics, economic level, security level, etc. This paper puts forward the design idea of "safety first, collaborative development" and the operation and maintenance concept of "technology first and application oriented" which is based on the project implementation and operation experience in the construction, management, operation and maintenance of Supercomputers in recent years. It combines scientific research, cultivating talents, industrial application and social service and follows the principle of applicability. Meanwhile, the scale development and cost-effectiveness should be considered to make them mutually suitable and coordinated development. The research results in this paper can provide reference and give a hand for the construction and operation of

Supercomputing Center or High-performance Computing Laboratory in the current colleges and universities taking the cultivation of applied talents as the leading factor.

**Keywords:** Supercomputing Center; High Performance Computing; operation & maintenance of system;

## 1.引言

随着全球超级计算机（简称超算）系统的不断发展<sup>[1-3]</sup>和中国超级计算技术水平的不断提升<sup>[4-7]</sup>，超算的规模日趋扩大，能力日趋成熟，应用领域越来越广泛，而建设成本也开始逐步降低和可控。正是看到超算的巨大潜力及其对信息学科和信息产业发展的强大驱动力和市场上对掌握高性能人才的强烈需求，各地高校纷纷开始投资兴建各种类型和不同层次的超级计算中心或高性能计算实验室<sup>[8]</sup>。无论是双一流建设高校还是普通本科院校，都开始把建设高性能计算实验室或者超算中心作为计算机学科发展和大数据、人工智能、区块链等特色专业培养的重要基础设施和硬件资源<sup>[9]</sup>。

但是，高校在建设高性能计算实验室或者超算中心的过程中，往往由于应用目标不明确，或者脱离于地区经济发展，或者受限于超算建设商方案的制约，无法根据高校自身的发展和人才培养目标进行有针对性地设计和建设，形成千篇一律的重复性投资，超算效能得不到最大发挥，造成资产闲置和浪费。同时，由于超算还需要专业人士进行管理、运行、维护，以满足不同应用的算力需求<sup>[10]</sup>，这样就需要有规范的管理流程来管理和维护超算的标准化作业。

为此，笔者根据多年来针对超算的建设、管理、运行、维护等方面积累的经验，特别是面向工程教育与应用型发展的高校，提出“安全第一、协同发展”的设计理念与“技术为先、应用为导”的运维理念，在建设过程中采取分批建设、逐次发展的渐近型发展道路，既具有一定的前瞻性，又具备投资可控性。在发展过程中首先考虑规模效应，同时顾及成本效益，着眼于未来，与政府、企业、兄弟院校以及科研院所等协同发展，共同参与建设与运行，实现超算投资的经济效益和社会效益最大化，并形成良性循环的可持续发展道路。

## 2.安全第一

安全性是超算建设的第一原则。无论是基础设施的硬件安全还是管理层面的安全，无论是网络空间安全还是数据存储安全，无论是用户计算过程中的隐私安全还是计算结果的信息安全，“安全”应该是超算建设、运维、应用服务等过程中所要考虑的第一保障要素。超算一旦被攻击，系统重新恢复所需要付出的代价巨大。同时，由于超算有时候承担国家重大科研项目 and 科技攻关项目，还涉及到许多涉密安全问题。

与此同时，由于使用超算的用户专业背景、超算平台接入方式、软件运行所依赖平台等千差万别，使得超算在对外服务上，因为用户的差异而出现服务障碍，这些需要通过统一的标准来达成协同，从而提高运行效率。

从法律法规层面，目前国家已经颁布和实施的网络安全与信息安全的法律法规有很多，如：

- 《中华人民共和国网络安全法》

该法律由全国人民代表大会常务委员会于 2016 年 11 月 7 日发布，自 2017 年 6 月 1 日起施行。

- 《中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例》

该保护条例于 1994 年 2 月 18 日中华人民共和国国务院令 147 号发布 根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订实施。

- 《信息安全等级保护管理办法》

该办法由中华人民共和国公安部、国家保密局、国家密码管理局、国务院信息化工作办公室 2006 年 1 月 17 日颁布，2006 年 3 月 1 日实施。

随着超算建设不断增多和超算应用的不断深入，目前从国家、行业到企业在超算安全建设与系统防护中都已经形成了较为有效的安全标准，比较常用的有：

- GB 17859-1999 《计算机信息系统安全保护等级划分准则》
- GB/T 20270-2006 《信息安全技术 网络基础安全技术要求》
- GB/T 20271-2006 《信息安全技术 信息系统通用安全技术要求》
- GB/T 31168-2014 《信息安全技术 云计算服务安全能力要求》

除此以外，超算还需要从自身运行与维护等管理角度来通过技术和管理手段来加强超算的网络与信息安全。本文提出从物理安全<sup>[11]</sup>、网络安全<sup>[12]</sup>、系统安全、管理安全、应用安全 5 个维度来进行全方位安全防护，如图 1 所示。

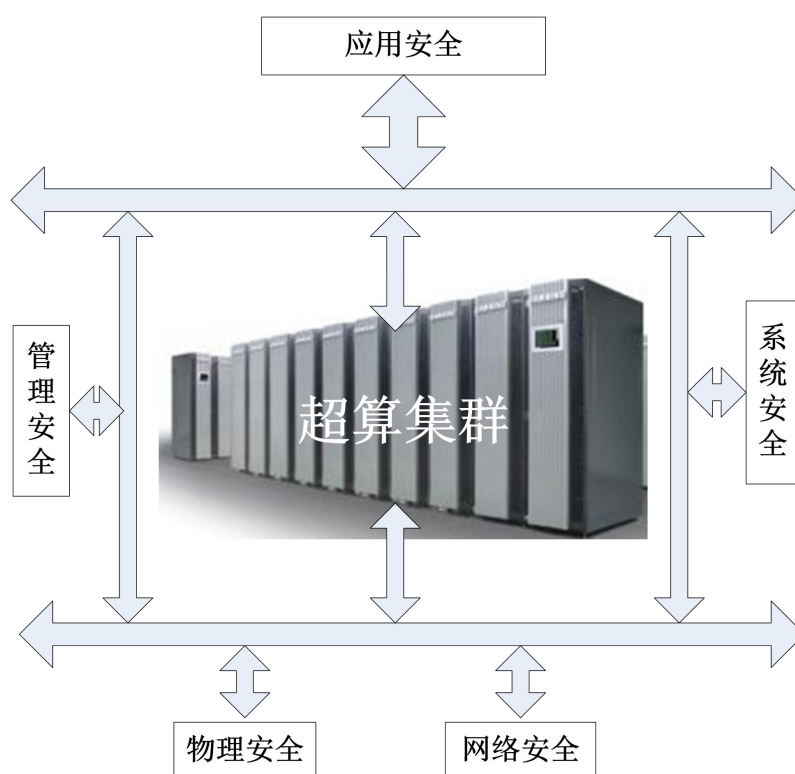


图 1 超算中心 5 维度安全防护

在物理安全层面，做到电力、通信、交通、水、环境、节能、隐患等物理、软件系统安全多模式三备份。

在网络安全层面，做到物理隔离专线、硬件与软件防火墙。

在系统安全层面，做到智能感知、检测、防护、预判体系化。

在管理安全层面，做到常规审计、实时监控、溯源、协同预警。

在应用安全层面，做到安全过滤、访问控制与溯源回放。

整个超算集群从网络防攻击到信息系统核心保护共构筑预警、防护、跟踪 3 层防护网，做到事前防攻击、事中全封堵、事后可溯源，构筑严密的安全防护网，保证超算运行的绝对安全。

### 3.协同发展

高校特别是应用型本科院校在超算中心建设过程中，一定要从学校的学科发展总体布局出发，以服务地方经济发展为目标，聚焦人才培养、科学研究、产业应用和社会服务，形成“政产学研用”5 位一体化协同发展的特色建设与运营模式，既可用于高端科

学研究及数值计算，也可满足产业经济发展与地方经济服务需要。同时考虑学校整体发展布局和未来长远规划，进行分批建设，切不可急于求成，一蹴而就。可根据教育经费投入量力而行，协同企业、政府、科研院所、兄弟院校等一起规划设计与协同发展，解决企业在产业应用中的高性能算力和存储的燃眉之急，让超算中心所建设的高性能计算集群能得到最大化应用，取得最大化经济收益和社会效益，形成可持续性的良性发展之路。

以三亚学院超算中心为例，在建设之初，紧紧围绕着“人工智能+大数据”的学科与特色专业布局，邀请中科院、清华大学、武汉大学、中国传媒大学、深圳大学等知名高校与科研院所的专家学者共同参与超算的规划与设计，并与海南省地理信息局、海南省大数据局、三亚市交通运输局、三亚市房产交易中心等政府部门紧密合作，携手吉利集团、华为公司、珠海荟森、海南广域科技等公司，共同参与超算中心的建设，聚焦前沿，科学规划，形成合力，共谋发展，以此形成超算算力输送社会辐射效应和产业生态链效益。

三亚学院超算中心在传统的超算技术基础之上进行重新的设计与优化，对标高端，联系实际，逐步实施，促进产业发展和地方经济发展。根据现有的学科发展布局和未来的服务领域与方向，将高性能计算集群划分为多路多核计算节点、高主频计算节点、胖节点、GPU 计算节点，如图 2 所示。

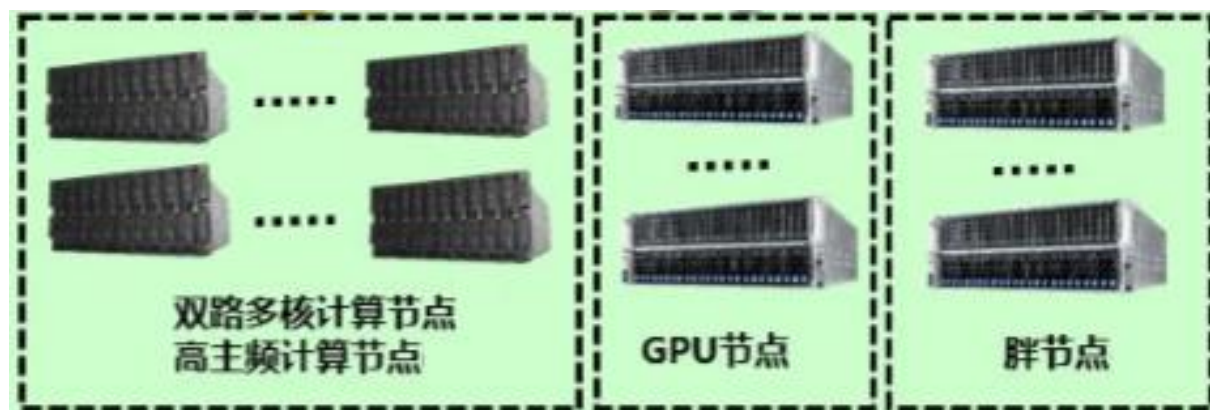


图 2 高性能计算集群划分

其中多核多核计算节点、高主频计算节点、胖节点、GPU 节点采用 Linux 操作系统和曙光任务调度系统形成统一管理的安全高性能计算集群，整个计算集群具备 SAN/NAS 大容量存储资源、100Gbps EDR Infiniband 全线速无阻塞网络资源等，可满足一次性科学计算、深度学习模型训练、高计算量建模与渲染、海量作业批处理、大容量分布式存储等应用需要。针对部分企业对高性能建模、渲染等的特殊需求，将 GPU 计算节点单独划分处理，开辟 Windows 操作系统环境，用以满足部分基于 Windows 平台的各类常规渲染、建模等软件的运行和使用。四大计算集群及其聚焦领域如表 1 所示。

表 1 计算节点与应用领域

计算节点	主要应用
多路多核	主要定位于高端科学研究，包括科学计算、天气预报、时空反演、海洋数值计算等一次性快速解算任务。
高主频	主要定位于三维建模、模型渲染等行业，满足三维 GIS、动漫渲染、汽车模型设计与仿真等产业应用需要。
胖节点	主要定位于大容量、高吞吐量、批处理作业、云服务等，满足精准营销、客户画像、舆情监控、软件基因、知识图谱等应用需要。
GPU 节点	主要定位于人工智能与视觉计算开发领域，满足深度学习、自然语言处理、自动驾驶模拟、计算机视觉、VR/AR 等应用需要。可提供 Windows 和 Linux 操作系统支持。

### 3.技术为先

有了可靠的安全保障和明确的发展目标之后，下一步就是要保证超算系统的技术先进性。超算作为一种超越当前常规计算的以大规模并行计算为主的快速计算解决手段，同时也汇集 GPU 等专用并行计算设备，充分发挥集群的力量来形成合力，提高算力。因此超算中心的使命应该是始终站在计算机学科发展的前沿，为科学计算、社会计算、地理计算、工业设计、模型渲染等高端应用领域提供算力支持和算力输送。

超算系统要保持技术先进性需要从以下几个个方面来综合考虑和衡量。

#### ●计算性能

高性能计算应用最为核心的需求仍然是计算能力，高性能计算机峰值计算能力代表着高性能计算机的整体处理能力和服务水平，而对于大部分的高性能计算应用，对计算资源的海量需求仍然是最为迫切和直接的需求。超算中心要以每秒浮点运算次数（Floating-point Operations Per Second, FLOPS）来作为超算集群计算能力的指标，追求尽可能高的 FLOPS 峰值计算能力超算建设所追求的目标。

#### ●内存性能

在高性能计算过程中，会进行大量的内存访问，对内存的容量和访问速度都有很高的需求。尤其随着 CPU 多核化的快速发展，对内存的访问能力提出了新的需求，Intel 和 AMD 等 CPU 厂商已经认识到了这一问题，目前这两个厂商的 CPU 架构均已经升级为直连架构、内存控制器均已经集成到了 CPU 中，避免多个 CPU 访问时的内存争抢。同时，随着 CPU 的不断升级，内存通道的数量及内存的频率也在不断升级。对于用户，在方案需求阶段，建议要求配置兼容的性能最高的内存规格，且要求内存条的数量与 CPU 的内存通道数量匹配。

#### ●可靠性

超算系统设计应确保高可靠性、高可用性，应考虑选用稳定可靠的产品和技术，在硬件配置以及系统管理方案等环节采取严格的安全可靠性措施，保证系统的正常稳定运转。

目前，高性能计算机主要架构为集群架构，一般工作方式为若干台 x86 服务器通过标准网络连接，通过作业调度软件将计算任务分发到不同计算节点上。在一套高性能计算机系统中，网络系统、存储系统、管理登陆服务节点等都属于系统级组件，组件对可靠性要求非常高。而集群计算节点由于作业调度可自动将不同作业分发到不同的节点上，少量节点故障不会导致整个系统不可用，所以在预算有限的情况下，可以借助集群系统先天具备的容错能力，适当降低计算节点高可用性方面的预算，一般单个节点都配制一块本地硬盘，如果是机架服务器，也可考虑非冗余电源的配置。

#### ●可扩展性

系统设计不仅要能满足现阶段的业务要求，而且要能满足将来业务的增长和新技术发展的要求，要在确保系统完整性不受影响的基础上，方便地对系统进行平滑升级、扩容。

### 4.应用为导

用户应用需求是超算发展的驱动力。高性能计算机的部件及架构要适合具体的高性能计算应用。例如，如果应用软件需要大内存、共享存储扩展等需求，则系统需要配置大内存及多路胖节点。如果应用软件的扩展性不好，则在相同的预算下，尽量考虑高主频、核心较少的方案。如果系统扩展性很好，则尽量考虑总体计算峰值最高的方案。系统软硬件方案设计需要适应超级计算中心应用种类繁多，需要综合考虑应用软件的运行特性，保证应用软件在本平台的高效运行，才能让系统建设的效果真正发挥出来。因此，要做好应用服务，可从以下几个方面进行布局和优化。

### ●多样化针对性服务

高性能计算中心面向的服务对象非常广泛，学科种类繁多，应用千差万别<sup>[13]</sup>。运行的程序有成熟商业软件、主流开源软件，还有众多自编程序。有 MPI 并行程序、多线程并行程序、GPU 程序和众多的串行程序。对集群资源的需求也不尽相同，有计算密集型、网络密集型、IO 密集型和耦合密集型等。

高性能计算中心的用户数量背景、能力等都不相同，而管理与运维与用户之间没有严格的行政关系，因此导致缺乏有效的沟通渠道，加大运维难度。由于用户数量巨大、离散度高，应用需求复杂、项目规模大、软硬件资源丰富，给超算实验室的管理和运维带来巨大挑战<sup>[14]</sup>。

对于聚焦工程教育和应用型导向的高校超算中心而言，不能与国家级超算中心建设模式雷同，而应该根据科学研究、人才培养、社会服务等结合在一起，进行有针对性的服务。如对于常规的计算密集型应用，往往适合大规模的多节点并行，使用常规的刀片集群来满足。对于无法进行多节点跨节点并行的多线程应用，对内存、IO 需求强烈，或者有特殊外插卡需求的应用，SMP 胖节点可以提供单节点更强的性能，更高的内存和 IO 扩展性需求和广泛的外插卡扩展性，一般配置 SMP 胖节点来满足应用需求。对于建模、渲染等需要图形计算功能的高性能计算需求，由于 GPU 可以提供更高的性能和更佳的能效比，所以可以配置一定数量的高密度 GPGPU 节点来满足图形计算方面的特殊需求。较高密度能满足用户机房空间有限的需求，同时，较高的密度能够有效节约空间，降低运维成本，降低管理难度。

### ●规范化业务管理流程

为了方便超算的使用，同时保证安全，超算应该建立规范的用户使用申请和管理流程。对于超算集群的使用，用户可以通过互联网采用远程登录方式，经过授权后直接登录使用，这种方式简单方便、安全可控。超算中心应该为使用用户提供简单易用的使用接口，降低系统的使用门槛。针对没有超算使用基础的用户，还需要提供相关的使用培训及操作文档。管理员应该构建统一的服务体系，实施按需分配、动态调整策略。

为充分了解用户的专业背景、编程能力、计算内容、使用时间等多方信息，可以设计 Web 管理网站<sup>[15]</sup>，开发超算使用申请与管理系统。在用户远程登录使用之前首先通过 Web 方式提交业务申请，如图 3 所示。



申请表填写 Applicant Information

申请单位	<input type="text"/>
研究领域	<input type="text"/>
负责人	<input type="text"/>
电话	<input type="text"/>
电子邮箱	<input type="text"/>
使用时间	2019年1月1日至 2019年1月1日

计算要求 Calculation Requirements

计算资源要求	<input type="text"/>
运行环境要求	<input type="text"/>

项目简介 Project Description

项目简介	<input type="text"/>
并行计算熟悉程度	
<input type="radio"/> 精通 <input type="radio"/> 熟悉 <input type="radio"/> 了解 <input checked="" type="radio"/> 不懂	
是否需要超算中心提供技术支持	
<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否	

图 3 用户超算使用 Web 申请

经过三级管理权限（系统管理员、技术负责人、超算委员会）审批后才能用户允许使用超算，如图 4 所示。之后，由系统管理员根据用户需求分配对应的登录 IP、账号和密码，发送到申请表中用于提供的电子邮箱中。该登录账号和密码相当于在用户和超算之间构建 VPN 通道，用户收到登录 IP、账号和密码可以直接登录超算集群系统并安全使用高性能计算资源。

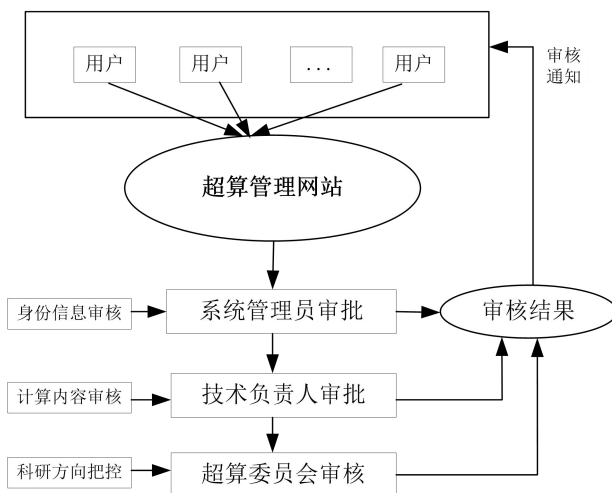


图 4 超算使用审批流程

### ● 差异化精确计费

超算中心以支持科学研究为优先服务对象，因此在计费收费过程中，鼓励高端科学

研究在超算集群上面的运行和部署，充分体现超算的科研支撑能力。对于国家级课题可以采用大幅优惠甚至基本免费的方式给与特别支持。获得国家以及省部级资助的项目在资源使用上优先级较高，必要时可申请独占资源。对于具有公益性的社会服务也可以采取免费方式给与充分支持，后期可以通过申请政府电费补贴方式来弥补经营损失。

对于产业服务，可以根据企业的应用需要（如计算任务紧迫性、时间成本等）进行优先级划分，根据优先级划分为以下四类：

（1）独占队列：相当于物理隔离的队列，用户独占这部分计算资源。独占、正常、临时。

（2）高优先级队列：更高的优先权权重，资源的时候优先普通用户，享受VIP待遇。

（3）正常队列：按正常排队策略在队列中等待。

（4）免费队列：最低优先级，有其它作业运行时将被挂起或重排队，保证基本的计算和存储。

排队使用的用户与其他用户一起参与作业排队，用户作业所需资源具备时开始运行，用户需要按照实际使用的机时（[用户作业结束时间-实际开始运行时间]\*申请的CPU核数，排队时间不在计算内）支付相关费用。计费可以采用每核每小时精确计费的方式，综合考虑地方电费定价和超算年度运行电费情况，以学术性和公益性为主要服务宗旨进行恰当定价计费，将基本电费使用平摊到每核每小时的电量消耗，做到精确计费。

## 5.结束语

超级计算机是计算机中功能最强、运算速度最快、存储容量最大的一类计算机，多用于国家高科技领域和尖端技术研究。随着超算技术日趋成熟与深入应用，目前很多城市也开始纷纷部署和建设超算中心。为了保证资源利用最大化，减少重复投资，高校在超算中心建设过程一定要协同地方政府、企业一起发展，形成合力，让超算的计算能力输送到社会的方方面面，真正实现计算惠民、信息惠民，取得较好的经济效益和社会效益。

超算系统的设计应充分采用符合国际标准的、先进并且成熟的计算机系统、网络系统、存储系统、集群相关软件系统等先进技术和产品，同时应兼顾实用性原则，避免盲目追求高精配置。

此外，超算系统的耗电量大，运行过程中需要还需要考虑节能环保，可以将超算部署在四季温差不大的城市或者山洞等特殊区域运行比较有利，不但能够大大降低用户运维成本，同时也是在响应国家节能减排、绿色低碳的号召。

## 参考文献

- [1] Xu Z, Chi X, Xiao N. High-performance computing environment: a review of twenty years of experiments in China[J]. National Science Review : English version, 2016:36.
- [2] Rho S, Kim J S, Kim S, et al. Effective distributed supercomputing resource management for large scale scientific applications[J]. Journal of Kiise, 2015, 42(5):573-579.
- [3] Yunquan Zhang. State-of-the-art Analysis and Perspectives of 2018 China HPC Development[J]. Computer Science, 2019, 046(001):1-5.
- [4] Guoliang Chen, Rui Mao, Ye Cai. High performance computing and related new technologies[J]. Journal of Shenzhen University : Science and Engineering, 2015, 000(001):25-31.
- [5] 历军. 中国超算产业发展现状分析[J]. 中国科学院院刊, 2019, 034(006):617-624.  
Li Jun. analysis of the development status of China's supercomputing industry [J]. Journal of Chinese Academy of Sciences, 2019, 034 (006): 617-624(in Chinese).
- [6] 葛蔚, 郭力, 李静海,等. 关于超级计算发展战略方向的思考[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(006):614-623.



- Ge Wei, Guo Li, Li Jinghai, et al. Thinking on the strategic direction of supercomputing development [J]. Journal of Chinese Academy of Sciences, 2016, 31 (006): 614-623(in Chinese).
- [7] 孙凝晖, 谭光明. 高性能计算机发展与政策[J]. 中国科学院院刊, 2019, 034(006):609-616.  
Sun Ning Hui, Tan Guangming. Development and policy of high performance computer [J]. Journal of Chinese Academy of Sciences, 2019, 034 (006): 609-616(in Chinese).
- [8] 金钟, 陆忠华, 李会元,等. 高性能计算之源起——科学计算的应用现状及发展思考[J]. 中国科学院院刊, 2019, 034(006):625-639.  
Jin Zhong, Lu Zhonghua, Li Huiyuan, et al. The origin of high performance computing -- the application and development of scientific computing [J]. Journal of Chinese Academy of Sciences, 2019, 034 (006): 625-639(in Chinese).
- [9] 黄思敏. 高性能计算在人工智能中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2018, 000(012):254-254.  
Huang Simin. Application of high performance computing in artificial intelligence [J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2018, 000(012):254-254.
- [10] 荆明伟, 周勇义, 雷奕安. 校级高性能计算公共服务平台的建设困局及思考建议[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2015, 2015(S1):304-308.  
Jing Mingwei, Zhou Yongyi, Lei Yian. Difficulties and suggestions on the construction of university level high performance computing public service platform [J]. Journal of East China Normal University (NATURAL SCIENCE EDITION), 2015, 2015 (S1): 304-308(in Chinese).
- [11] 冉凡灿, 蒋句平. 超算中心环境监测系统的设计和实现[J]. 微型机与应用, 2015(18):89-91.  
Ran fancan, Jiang gouping. Design and implementation of environmental monitoring system for Supercomputing Center [J]. Microcomputer and application, 2015 (18): 89-91(in Chinese).
- [12] 秦志民, 刘素珍. 超算机房桌面云部署与应用安全的研究[J]. 网络安全技术与应用, 2017, 000(002):30-30.  
Qin Zhimin, Liu Suzhen. Research on desktop cloud deployment and application security of supercomputer room [J]. Network security technology and application, 2017, 000 (002): 30-30(in Chinese).
- [13] 和荣, 王小宁, 卢莎莎,等. 高性能计算环境通用计算平台[J]. 计算机系统应用, 2019, 028(012):55-62.  
He Rong, Wang Xiaoning, Lu Shasha, et al. General computing platform for high performance computing environment [J]. Computer system applications, 2019, 028 (012): 55-62(in Chinese).
- [14] 杨敏, 关伟豪, 朱敏. 面向超级计算中心的运营管理支撑平台的设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2015(06):243-246.  
Yang Min, Guan Weihao, Zhu min. design and implementation of operation management support platform for Supercomputing Center [J]. Experimental technology and management, 2015 (06): 243-246(in Chinese).
- [15] 袁远, 肖立权, 蒋句平,等. 基于 Web 的超级计算机监控软件的设计与实现[C].微处理器技术论坛. 2016 :22-23.  
Yuan yuan, Xiao Liquan, Jiang gouping, et al. Design and implementation of web based supercomputer monitoring software [C]. Microprocessor technology forum. 2016: 22-23(in Chinese).