随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展，算力成为评价数字经济时代生产力的指标。准确度量各类计算平台的计算能力，并在算力网络中实现资源的有效盘活和高效调度具有非常重要的意义。以算力定义为起点，针对算力网络体系架构及其面临的风险进行具体分析，提出了合理的算力度量方案以及可行的算力感知与编排思路。

如今，随着新一轮的科技革命和产业变革深入发展，数字经济成为重要的社会支柱，快速融入社会民生的方方面面。作为推动社会加速走向数字化的技术支撑，算力作为数字产业中最核心的内容，成为继水、电、气之后的又一个人类社会生活的必需要素。依据中国信息通信研究院报告的数据，仅截至2020年，全球算力总规模已达到429 EFLOPS，年增速达到39%。在社会万物智联的高速发展节奏下，未来五年全球算力规模还将以超过50%的速度增长，预估至2025年整体算力规模将达到3 300 EFLOPS。电子信息业、电信业、软件和数字技术服务业务、互联网行业等数字核心产业的市场潜能将进一步得到激发和释放。

为满足时间敏感、计算密集型业务的发展要求，研究了计算任务实时传输和实时计算的保障性问题。首先，简要介绍了算力网络和确定性网络的研究进展。然后，提出了确定性算力网络技术方案，并设计了技术架构与工作机制，通过算网感知、规划调度、资源管控等技术能力，实现计算任务的实时传输和实时计算，仿真结果也验证了所提技术方案的有效性。最后，分析了确定性算力网络的典型应用场景，并对未来发展趋势和技术挑战进行了探讨。

随着边缘计算、人工智能数据中心、超算数据中心等算力基础设施的大量部署，终端用户接入并使用计算资源变得更加方便快捷。然而，如何更加高效地利用这些计算资源成为当前亟须解决的问题[1-2]。一方面，许多边缘计算节点的资源相对受限，难以高效快速处理计算任务；另一方面，计算节点部署分散，节点之间缺乏有效协同，计算任务的分配与调度机制尚不完善，导致计算任务的处理效率不高、计算资源利用不均衡。为更加高效地利用海量分布式计算资源，更加快速地处理计算任务，推动计算资源与网络的深度融合，算力网络的概念得以提出。算力网络是一种算网融合的新范式，旨在将分布式计算节点打通互联、统筹调度，通过对网络架构和协议的改进设计，实现网络和计算资源的优化和高效利用[3-4]。随着企业上云、消费互联网向产业互联网转型发展，计算与网络的深度融合已成为社会经济数字化转型的关键力量。

当前，世界主要国家和经济体都高度关注算力网络、算网融合相关技术的发展，并且积极布局。2020年，美国政府发布《引领未来先进计算生态系统：战略计划》，计划打造由边缘计算、云计算、高性能计算等算力设施构成的国家级计算生态系统[5]。2020年，美国启动Pronto项目，开展面向5G的云边协同互联的可编程算网一体化研究[6]。2021年，欧盟发布《2030年数字指南针》，提出要大力发展云计算基础设施，构建安全和高性能的可持续数字基础设施[7]。我国也十分重视算网融合技术的发展和产业应用，先后出台一系列政策予以引导。2021年，国家发展改革委等四部委联合发布《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》，启动实施“东数西算”工程，构建国家算力网络体系[8]。2022年，国务院发布《“十四五”数字经济发展规划》，要求优化升级数字基础设施，加快建设信息网络基础设施，推进云网协同和算网融合发展，有序推进基础设施智能升级[9]。

另一方面，诸如智能制造、智能驾驶等新业务，不仅需要高性能算力资源，还要求网络提供确定性、可靠性的保障，以满足新业务功能和性能需求[10-11]。然而，当前的网络还不能实现算力节点之间的端到端确定性传输和计算任务高效调度，这严重影响了时间敏感、计算密集型业务的发展。因此，开展基于确定性的算力网络技术研究，构建连通异构泛在算力节点，保障实时传输、实时计算的算力网络，对于满足计算任务在算力节点间端到端高质量、确定性的传输和调度具有重要意义。

本文针对算力网络在发展过程中对实时性、确定性的迫切要求，基于确定性网络（DetNet, deterministic networking）等相关技术，提出了确定性算力网络的技术方案，设计了确定性算力网络架构和工作机制，分析了确定性算力网络的关键技术，进而实现了传输路径、传输时延的确定性和计算任务处理时延的确定性；同时，实验结果也验证了确定性算力网络的性能和有效性；与普通算力网络相比，确定性算力网络在传输时延、计算处理时延方面都有明显提升。最后，对典型应用场景进行了分析，并对确定性算力网络今后的发展趋势和技术挑战进行了分析探讨。

在“东数西算”工程的大背景下，为了更好地实现对分布在不同地域超级计算机资源的调度管理，针对计算资源忙闲不均等问题，提出通过研究典型应用作业的运行特征，开发多中心任务的调度系统，以解决国家高性能计算环境统一调度的关键技术问题。

近年来，随着我国高性能计算应用的发展，应用领域和计算需求逐步增加，由应用领域的计算需求产生的无效调度问题日益显著，如计算故障、计算资源排队、计算过程的波动、计算资源的预留与回填不畅等一系列问题，已经影响到了用户作业的正常运行。随着用户对高性能计算应用服务水平的要求越来越高，从应用的角度出发，基于应用的调度方法还有优化提升的空间。例如：准确可靠的作业运行时间预测技术不仅能够为作业调度技术提供保障，为调度模型的优化提供基础，还将为用户提供更可靠的作业提交信息。这些优化都能很大程度上提高国家高性能计算环境的稳定性，从而有效增加用户的满意度以及国家高性能计算环境对用户的吸引力，缓解高性能计算需求的压力[1-5]。

高性能计算应用往往需要大规模和长时间的计算才能完成，总体来看应用软件总是基于特定的力场、泛函或理论，以及这些力场、泛函或理论的排列组合再经过前后处理开发完成的。计算的体系各有不同，计算的规模有大有小，当这些计算体系和规模确定之后，通过特定力场、泛函或理论的计算及过程就有可能可控并可预测。为了对国家高性能计算环境的建设起到支撑，本文将基于对应用的数据及参数分析，探索建立作业运行时间与参数及数据相关的优化调度模型。模型的建立将围绕应用的实际运行情况进行分析，提取应用作业的特征或参数并辅以并行计算所需的系统指标或参数，综合各方面的信息建立优化调度模型。同时本文还将选取典型应用例进行研究，依照本文建立起来的优化调度模型，提取应用计算体系特征并做评估和测算。在应用的基础上建立基于异构的超大规模计算资源协同调度原型系统，该原型系统将针对多中心的高性能超级计算机系统、中小型服务器设备、集群以及普通计算节点的计算能力、存储和网络通信能力进行建模，针对应用特征，研发和实现基于大规模异构计算资源的任务调度算法。对接入的异构计算资源进行统一调度和管理，实现面向计算任务需求的资源按需分配。相关工作以期对全局资源优化调度方法产生指导作用。

随着信息技术的高速发展，云计算技术日渐成熟，国家的十四五规划中也特别提及“强化国家战略科技力量”，瞄准**人工智能**、量子信息、集成电路等前沿领域。人工智能产业作为“新基建”领域之一，需要人工智能平台的先进算力提供技术支撑。而谈到算力，自然离不开GPU服务器等重要核心算力承载,GPU服务器主要应用于深度学习训练/推理、图形图像处理以及科学计算等场景。目前业界普遍使用的GPU类型服务器的GPU卡都来自于主流的几大技术厂商Nvidia及AMD。

针对大批量数据集及大批量并行计算的需求，目前业界普遍使用基于AI的人工智能框架类似PyTorch、TensorFlow等，而AI的模型训练需要大量的有效数据集进行模型训练，并不断的进行调参。对于多用户的场景，作业环境需求多样、作业资源需求多样性、服务器软件环境单一、服务器空闲资源多样。业界也有很多基于Kubernetes的device-plugin插件做的基于GPU虚拟化的方案，将GPU服务器组成一个算力资源池，化整为零或者化零为整，形成GPU逻辑资源池。但是这样的解决方案更多还是基于GPU虚拟化的解决方案，以租户的形式进行资源的发放，终端用户直接使用资源并自己进行调度使用。这个时候往往租户用户需要自己搭建算力环境，应用环境。并不能实现算力的按需最大化使用资源调度及同等任务类型并发调度动态的参数设置处理,针对特殊场景的大数据集，需要同时兼备数据集的存储及自动调度使用，并进行模型训练及调参，类似Nvidia的CUDA的grid\_size,block\_size等参数设置。GPU可以并行运行数千个线程，我们采用的方向是使用多个GPU并行运行多个GPU任务。