前　言

新质生产力是由科技创新驱动形成的先进生产力形态，以人工智能、大数据、云计算、5G、绿色能源、生物工程等战略性新兴产业为核心，以新产业、新业态和新模式快速涌现为重要特征，是推动经济高质量发展的关键引擎。与传统生产力相比，新质生产力对数据存储的访问性能、分布式部署、绿色低碳、超长期保存等方面都有更加极致的需求。与此同时，对数据分析处理的多模态数据融合处理、数据隐私安全、实时智能决策等方面也会产生许多创新需求。发展新质生产力，推动数据存储与分析处理向高性能、分布式、绿色化、智能化方向演进，构建数字经济的“数据底座”，已经成为学术界和产业界广泛关注的焦点。

为促进存储领域技术交流，《计算机研究与发展》推出了本期“面向新质生产力的数据存储与处理”专题。本期专题收录了9篇论文，聚焦发展新质生产力给数据存储与处理带来的机遇与挑战，深入探讨持久化内存、存储阵列、分布式锁、数据压缩、时序分析、大模型存储、区块链存储等新兴存储与先进数据分析处理技术，希望能为从事相关工作的读者提供借鉴和帮助。

曹夕等作者的论文“DPZB+tree: 基于ZNS SSD与持久化内存的高效B+树索引设计”研究分析了将B+树部署到分区命名空间固态硬盘（zoned namespace solid state drive, ZNS SSD）带来的写放大率、级联更新等性能问题，结合新型持久化内存（persistent memory, PM）研究提出了一种基于ZNS SSD的B+树索引结构DPZB+tree。采用DRAM-PM-ZNS SSD混合存储架构，实现冷热数据分离存储；设计了冷热节点识别策略，提高存储系统的读写效率；提出了冷热节点动态放置策略，实现冷热数据的自适应迁移；结合硬件特性和局部性原理设计了叶节点分裂及合并操作。

李强等作者的论文“基于CXL的存储阵列全局缓存技术”研究分析了企业级存储阵列全局缓存设计面临的副本数量、系统高可用及性能损耗等问题，基于CXL技术设计了内存分离式的全局缓存系统原型。控制器与内存缓存可独立横向扩展，缓存副本可以支持多个；控制器故障不会导致缓存数据丢失，CXL技术在提升系统扩展性与可用性的同时，能显著优化存储性能。

高健等作者的论文“一种远程直接内存访问网络中的高效分布式锁协议”研究分析了基于RDMA的分布式锁协议面临的扩展性和公平性挑战，研究提出了一种RDMA网络中的高性能分布式锁协议FeLock，利用多种类型的RDMA网络通信原语，使客户端不仅能与服务端通信加解锁，还能与其他客户端直接通信以移交锁所有权，有效兼顾了高性能、公平性和性能的扩展性。

韦芳宇等作者的论文“Zstandard中LZ77压缩算法的高效匹配策略设计与实现”研究分析了LZ77算法在Zstandard（ZSTD）压缩工具中，为追求更高压缩率而采用大历史窗口和复杂策略时出现的缓存失效频繁、延迟匹配效率降低等问题，提出了多级区域搜索策略（MLRS）和基于扩展搜索的延迟匹配策略（ESLM），在保证较高压缩率的同时有效提升压缩吞吐量。

葛伦等作者的论文“基于时频增强的对比学习时序异常检测方法”研究分析了数据中心运维数据中存在的噪声污染、异常信号耦合、动态漂移等数据质量问题给异常检测带来的诸多挑战，研究提出了一种基于时频增强的对比学习时序异常检测方法（TF-ECL）。通过构建时频双视图增强机制，在时域和频域实施可控增强，基于时频多视图对比学习的方法，提升模型抗噪能力；进一步利用异常信号在时频空间的表现差异性，构建双域协同检测机制，利用时频跨域对比误差进行异常定位。

汤志航等作者的论文“HiTrain: 面向大模型训练的异构内存卸载与I/O优化”研究分析了大模型训练中张量卸载面临的I/O传输效率低和设备利用率不足等问题，研究提出了一种面向大模型训练的异构内存卸载与I/O优化方案HiTrain。构建了基于存储性能开发工具包（storage performance development kit, SPDK）的高性能张量存储模块，通过在用户态管理张量数据，避免了内核I/O栈开销，从而提高张量卸载的并发性与吞吐率；设计实现了基于异步优化器的存储-计算流水线调度模块，通过对优化器的执行进行优化重排来减少GPU等待时间，提高整体训练效率。

王柳等作者的论文“大语言模型存储机制安全风险综述”研究分析了大语言模型存储机制在生命周期中的安全与隐私风险，模型文件存储、推理缓存和知识向量存储等核心模块在提升模型功能和效率的同时，也存在权重泄露、后门注入、侧信道攻击、知识污染与工作流劫持等一系列安全威胁。进一步分析了模型加密、后门清除、缓存分区与隔离、检索内容过滤与验证等多种防御策略的最新研究进展和未来研究方向。

王锦江等作者的论文“AppendChain: 一种面向区块链的高效键值存储系统”研究分析了主流区块链系统通常采用基于LSM-Tree的键值存储引擎作为持久化层，容易引发读写放大现象和I/O效率下降等问题，提出了一种面向区块链的高效键值存储系统AppendChain，设计了类型分离、大值分离、排序MPT等优化技术，在不改变以太坊执行语义的前提下，重新组织数据在存储引擎中的写入路径与存储布局，有效提升了区块链全节点的存储吞吐量与读写效率。

沈凡凡等作者的论文“FedPPB: 基于PSO和Paillier加密算法的区块链联邦学习方法”研究分析了分布式智能系统中的数据隐私与系统效率等核心挑战，构建了一种基于粒子群优化（particle swarm optimization, PSO）和Paillier加密算法的区块链联邦学习方法FedPPB，融合PSO算法与Paillier同态加密算法，实现对系统角色的动态优化分配与训练参数的加密保护。

由于稿源丰富和专题篇幅有限等原因，本专题无法全面覆盖存储领域各方面的最新研究进展，不当之处请同行学者批评指正！感谢各位作者、审稿专家和编辑部的全力支持和辛勤付出！

舒继武 教授（清华大学）
王意洁 教授（国防科技大学）
2026年2月