

# CPU+GPU 异构高性能计算集群系统在地震资料处理中的应用

蒋治刚

(中油辽河油田公司勘探开发研究院, 辽宁盘锦 124010)

**摘要** 油田地震勘探数据偏移处理成为准确成像的重要手段, 而基于全三维波动方程的逆时偏移成为偏移的主流技术, 相应带来对高性能计算和存储读写的巨大需求, 辽河油田勘探开发研究院引进基于 CPU+GPU 异构高性能计算集群系统运行不同处理软件, 丰富了处理手段, 提高了地震剖面成像精度, 以满足油气勘探复杂程度对巨大的计算量和海量原始数据存储对地震成像技术的需求。

**关键词** 异构系统 CPU GPU 高性能计算 海量数据存储 地震剖面成像精度

## 0 引言

随着“两宽一高”地震采集技术在辽河探区的工业化推广应用, 地震采集方法由原来的大面元、低覆盖、窄方位向小面元、高覆盖、宽方位转变, 地震采集方法的改变使得地震资料原始数据量暴增, 因此给后期地震资料处理工作带来了新的挑战, 不仅需要高性能计算机计算能力而且需要海量高效的地震存储系统。2021 年辽河油田地震资料处理中心引进 32 台高性能计算 CPU 服务器, 10 台高性能计算 GPU 服务器, 和 20 台模块化华为 OceanStor 100D 海量存储服务器, 构建 CPU+GPU 异构高性能计算集群系统, 运行 geoeast、omega、geovation、tomodel

等常规、偏移处理软件, 以满足油气勘探复杂程度对巨大的计算量和地震成像技术的需求。

## 1 CPU+GPU 异构高性能计算集群系统的构建

2021 年辽河油田构建的 CPU+GPU 异构高性能计算集群系统采用 32 台华为 2288HV5CPU 服务器、10 台浪潮 NF5468M5GPU 服务器 (NVIDIA V100sGPU 卡), 其 CPU 理论峰值浮点计算能力超过 90 万亿次每秒, GPU 理论峰值浮点计算能力达到 328 万亿次每秒, 采用了华为 CE12808 IP 交换机和 mellanox SB7800-ES2F IB 交换机, 华为 OceanStor100D 分布式存储系统。如图 1 辽河油田地震资料处理系统拓扑图所示, 蓝色字体部分为

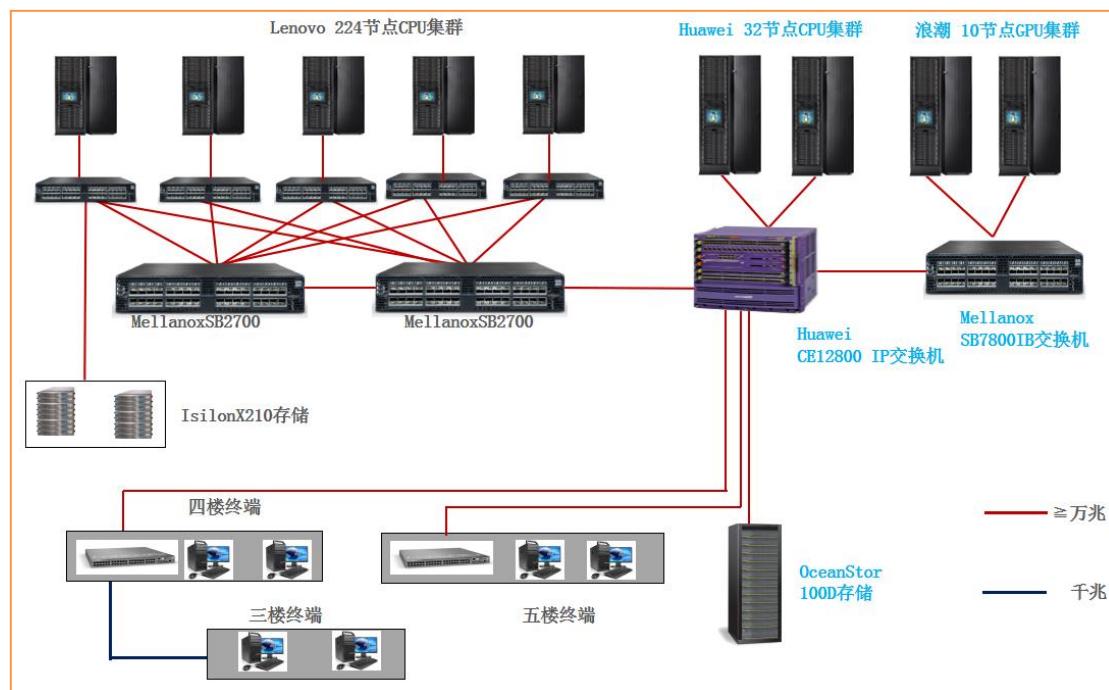


图 1 辽河油田地震资料处理拓扑图

CPU+GPU 异构高性能计算集群拓扑图。统一、高效的网络系统的核心为华为 CE12808 和 mellanox SB7800-ES2F 交换机，所有 CPU 节点和存储节点接到华为 CE12808 交换机，GPU 节点连接到 mellanox SB7800-ES2F 交换机，华为 CE12808 交换机和 mellanox SB7800-ES2F 交换机之间通过 infiniband 网关 mellanoxGA100-HS2I 连接形成一个高性能、高带宽的计算环境；而配套采用高带宽、低延迟、高效共享的存储 OceanStor100D 分布式存储系统，以满足异构系统读写磁盘存储的存取需求。

## 2 系统性能硬件测试

2021 年 11 月 20 日，CPU+GPU 异构高性能计算集群系统安装、集成、调试完毕后，对硬件效率做了测试，CPU 集群 linpack 测试效率达到 90% 以上，GPU 集群 linpack 测试效率达到 60% 以上，存储单 CPU 节点读写速度 1.5GB/s 左右，32CPU 节点读写速度 35GB/s 以上，从测试结果看，集群集成安装后效率达到了国内先进水平。

表 1 CPU 集群 linpack 测试

节点	理论值 (Tflops)	实测值 (Tflops)	效率
nh001	2.816	2.715	96.42%
nh001-nh032	90.112	83.656	92.84%

表 2 GPU 集群 linpack 测试

节点	理论值 (Tflops)	实测值 (Tflops)	效率
lc01	32.8	24.11784	73.53%
lc01-lc10	328	204.6064	62.38%

表 3 单节点存储读写性能测试

单节点	实测值
读测试	1.491GB/s
写测试	1.451GB/s

表 4 多节点存储读写性能测试

多节点	实测值 (GB/s)	聚合效率
读测试	34.173	71.62%
写测试	40.560	87.35%

## 3 软件部署及处理效果测试

软件部署：系统硬件集成测试完成后，首先，我们对 CPU 和 GPU 集群分别部署了国产物探软件 GeoEast4.0，它是中国石油东方物探公司自主研发的地震资料处理解释一体化软件。由多学科数据管理系统、开放式软件开发环境和云计算管理系统三部分组成，具备多学科协同、云模式共享、多层次开放的特点，可有效管理 PB 级海量数据，支持大规模并行计算。

该软件使用可视化软件应用界面，灵活调配资源，建立、复制和修改作业，并实现对作业执行进程、节点运行状态、作业进展进行监控。同时配套数据显示、比较和处理工具，用户可以进行质量控制。其次，我们对 CPU 集群 (nh001-nh032) 部署了 omega2021, geovation2.1、tomodelV10 等主流和特色处理软件，丰富处理手段，提高处理剖面成像精度。

处理效果测试：系统软件部署完毕后，我们对辽河凹陷大民屯地区老资料进行了重新处理，大民屯地区表层条件十分复杂，大型村镇、河流、公路等障碍物较多，深层构造更加复杂，从东到西跨越了边台发哈牛构造带，前进构造带及西侧陡坡带，断层发育，复杂的地表地下情况给处理速度解释、偏移成像带来了极大困难。

我们依托 CPU+GPU 异构高性能计算集群系统开展了多软件、多学科技术研究，通过静校正、叠前去噪、高分辨率处理、深度域速度建模、逆时偏移等技术攻关研究，采用一系列新技术，提高了地震处理技术水平，提升了地震成果品质。图 2 和图 3

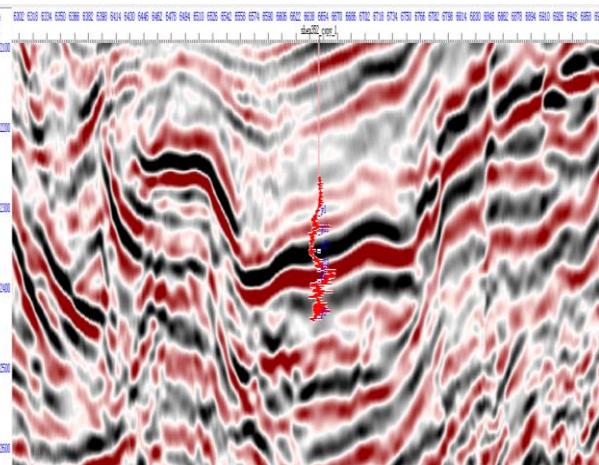


图 2 大民屯地区以往处理剖面

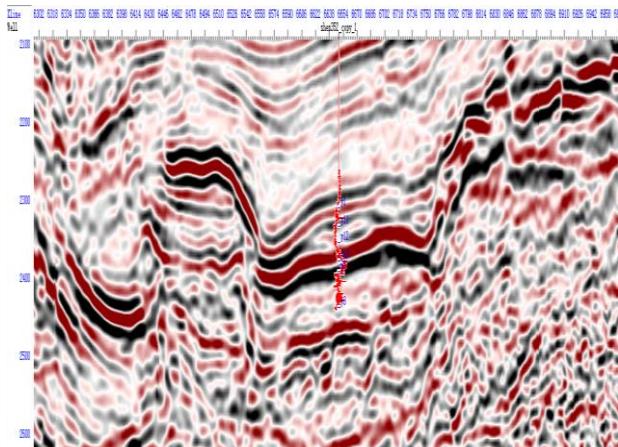


图 3 大民屯地区新系统处理剖面

分别为大民屯地区以往处理剖面和应用新系统、新技术处理的剖面，可以看出地震资料剖面成像精度明显改善。

#### 4 结束语

CPU+GPU 异构高性能计算集群系统与 geoeast4.0、omega2021、geovation2.1、tomodelV10 等常规、偏移软件相结合在大民屯地区进行准确成像，发挥了 CPU 和 GPU 的计算优势，同时也发挥了不同软件的技术优势，提高了地震资料处理剖面成像精度，为油田勘探部署和油气资源开发提供了强有力的技术支持。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘增艳. 地震资料处理系统中大容量直连存储应用研究. 信息系统工程, 2017 (06).
- [2] 高秀华. 地震勘探数据处理高性能计算平台存储系统设计与应用. 特种油气藏, 2005, 第 12 卷第 3 期.