



高性能计算机 与 石油工业

剑峰 冯 利 张志橦 黄秀清 张德浩 编著

中国石化出版社

高性能计算机与 石油工业

李剑峰 冯 利 张志標 黄秀清 张德浩 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了高性能计算机的国内外发展状况,以及相关的网络技术、集群技术、网络技术、存储技术、数据库技术,并介绍了石油工业中高性能计算机应用状况、重大技术,应用策略及应用发展趋势。

本书适于信息技术领域、石油工业领域管理人员、科技人员阅读、培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

高性能计算机与石油工业/李剑峰等编著.

—北京:中国石化出版社,2004

ISBN 7-80164-217-1

I. 高… II. 李… III. ①电子计算机-技术发展-概况-世界②电子计算机-应用-石油工业-中国
IV. ①TP3-11 ②TE-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 057708 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

850×1168 毫米 32 开本 8.625 印张 227 千字
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

祝贺高性能计算机与石油工业出版

推进计算机技术的

创新与应用 攀登

石油勘探开发新高峰

二〇〇〇年夏

李书令

李书令印

序 一

石油工业特别是石油工业的上游领域的发展，为计算机技术提供了一个广阔的发展空间和历史机遇，三维地震采集技术、数字处理技术、数据体解释技术等结合了最新计算机技术的地球物理勘探方法的采用，保证了油气发现不断进入新的层系和新的领域。正是有了新技术特别是信息技术的支撑，人们预计的最终资源量才不断地被刷新、被超越，新的发现不断地为世界工业的发展提供源源不竭的新鲜血液。因此，研究计算机技术、用好计算机技术，充分的挖掘计算机技术在石油工业的应用潜力，是一件十分有益的工作，对石油工业的长远发展具有不可估量的作用。本书的几位作者在这方面做出了难能可贵的探索和努力。

计算机在石油行业的应用非常普遍，油田的日常勘探开发工作如今已经基本计算机化。在数据采集阶段有地震勘探的数字检波器、无线检波器、随钻测井、数字测井、钻井自动参数仪；数据处理分析阶段要使用微机、工作站、大规模并行机、集群系统等以及相关的大型软件系统；油田勘探开发的很多工作都要事先开展计算机模拟，以确保工程实施的成功和高效，

如盆地模拟、油气成藏历史模拟、地震采集系统的设计模拟、油藏开发方案数值模拟等。其中不少技术都是在计算机技术的带动下发展起来的，不少高端技术离开计算机根本无法实现。如地震勘探中的叠前深度偏移技术、油藏数值模拟技术等。国际上知名的石油企业的计算机使用规模是非常庞大的，如西方地球物理服务公司所用的集群总量超过了2万个CPU！国内的石油企业还有一定的差距。但近几年在随着高性能计算机成本的不断降低，特别是集群技术的成熟，各油田企业的集群使用呈快速上升趋势，如中国石化研究院和胜利油田等单位已经装备了超过500CPU的集群系统。

但计算机技术的快速发展，给我们使用和很好地掌握计算机技术都提出了严峻的挑战，我们必须不断的学习，才能不至于变成信息时代的“新文盲”。但流连书海，我们很难找到专为石油工业撰写的计算机类书籍，本书的出版从某种意义上说填补了这方面的空白。我们石油行业热诚的欢迎更多的计算机专家、石油勘探开发专家都加入到这一行列中来，用信息技术改造和提升传统的石油产业系统，共同促进我国石油勘探开发技术的进步和石油工业的发展。

本书系统地阐述了计算机特别是高性能计算机相关的各方面的知识，回顾了计算机的发展演化历史，

展望了计算机未来的发展趋势，尤其是对计算机在石油勘探开发中的应用情况进行了总结，提出了未来可能对石油行业产生重大影响的几项信息技术，分析对比了国内外石油行业计算机应用情况的差异，并提出了作者对我国石油工业高性能计算机应用的思考和建议。这些都将对改善我国石油行业计算机应用情况产生积极的影响。但篇幅所限，书中有些方面的内容还不够翔实，希望今后能补充材料，推出本书的后续版本。

党的十六大提出了全面建设小康社会的宏伟目标，对能源工业特别是对石油工业提出了新的要求，前不久温家宝总理两次主持国务院常务会议，研究我国油气资源可持续发展问题，并亲自部署我国油气资源可持续发展的研究工作。中国石化集团作为国内大型石油企业之一，对国家的石油安全肩负着义不容辞的责任，几年来，通过持续改革重组，整合了上游各种资源和生产力要素，确立了“稳定东部、发展西部、准备南方、开拓国外”的资源发展战略，在勘探开发领域取得长足的发展。但石油作为一种不可再生的资源，随着全球范围勘探程度的不断深入，油气勘探的难度也越来越大。就中国石化而言，我们的油气勘探开发领域或对象正逐步从中浅层走向深层、从构造油气藏走向隐蔽与岩性油气藏、从东部较平坦简单地表走向西

部与南方的沙漠及山地等复杂地表、从陆地走向过渡带或浅海领域，从国内走向国外。勘探难度的增加已经是全球石油工业共同面临的挑战，解决这一问题的惟一出路就是依靠科技进步。不断地学习信息技术并把他们引入石油工业，将会对石油工业产生巨大的推动作用。本书对我们石油行业的技术人员系统的学习信息技术很有帮助，希望本书的几位作者能够沿着这条路坚定地走下去，为信息技术提升和改造中国传统的石油石化行业做出更大的贡献。

中国石油化工有限公司高级副总裁

车书令

序 二

高性能计算是信息技术的前沿领域，是科技创新的重要工具，是衡量一个国家经济技术综合实力的重要标志。事实上，由于人类探索科学奥秘、追求科技进步、解决高新难工程技术问题的愿望是永恒的，因此人类对高性能计算的需求也将是永无止境的。

受应用需求的驱动，国内外对高性能计算的研究与开发正掀起了新一轮的热潮。20世纪90年代以来，我国在高性能计算机研制方面取得了很大成绩，并掌握了高性能计算机研制的许多关键技术。高性能计算机的发展带动了应用的开发，在石油产业、气象预报、核能模拟、生物工程等实际使用中已取得显著成效。石油行业对于高性能计算的需求由来已久，在我国高性能计算机应用中占有重要地位，在许多方面代表着我国高性能计算技术的应用水平。

本书作者在参考大量国内外资料文献的基础上，结合高性能计算机在石油勘探应用的亲身体验编写的《高性能计算机与石油工业》一书，系统地介绍了高性能计算技术的概念，从体系结构和应用的视角阐述了国内外高性能计算技术的现状、发展趋势及主要关键

技术，介绍了高性能计算机在石油工业的应用现状、应用技术和应用策略，重点总结了我国石油工业高性能计算机应用的成绩和不足，其中不乏作者独到的观点、思想和理念，使读者能够较全面理解高性能计算的方法和机理，从而有助于我国高性能计算技术与应用的发展。

《高性能计算机与石油工业》一书内容丰富，易于理解，阐述了高性能计算的若干重要领域。相信该书的出版有助于我国高性能计算技术研究及应用工作，对于广大科技工作者熟悉高性能计算知识，促进高性能计算机研发与应用将会是十分有益的。

中国工程院院士

金怡濂

前言

信息海洋中的诺亚方舟

2000年1月7日美国政府发布了号称全球第一部的《信息系统保护国家计划》第1.0版，时任美国总统的比尔·克林顿(Bill Clinton)先生专门为此发表了一篇讲话，讲话中提到：“在不足一代人的时间内，信息革命和计算机在社会各个阶层的引入已经改变了我们的经济运行方式、我们保障国家安全的方式以及我们日常生活的组织方式。不管是仅仅在家中打开电灯的开关或登上飞机，还是当我们的亲人生病了去寻求帮助，我们都要依赖于一个或多个复杂的计算机驱动系统。同样，我们最为复杂的国防系统所依赖的很多商业、通讯和运输业也都是由计算机控制的”。环顾四周，我们会惊悚地发现被计算机控制的东西不知道什么时候已经将我们包围！我们已经在不知不觉中被计算机“算计”了。去银行办事吃了闭门羹，你会在紧闭的大门上看到原因：计算机系统出故障了；商场购物后要去交款却交不了，你会看到同样的原因：计算机出故障了；小到购买早点，去邮局寄信，中到飞机火车的运行、公司财务报销系统，大到国家税务缴税、海关报关、政府指令的上传下达乃至国家安全，这一切都已经在

计算机的控制之中！好莱坞电影里计算机控制人类的场景似乎正一步步变成现实，认真的审视一下我们四周，离开计算机好像已经真的“寸步难行”。由此我们是不是可以看到一种趋势：早些年计算机是我们的工具，我们需要的时候拿来用用，不需要的时候可以弃之如敝屣；现在呢，我们和计算机之间似乎已经建立起了一种依存关系，计算机依靠人类来发展，人类依靠计算机来生存；将来如何呢？在看不到尽头的将来，我们很难说完全依赖计算机的人类世界一定是阳光灿烂的世界。这既非危言耸听，亦非杞人忧天，这就是现实！也许我们会扪心自问，我们为什么要用计算机？难道我们现在不能把他们抛开吗？答案是否定的。这是因为我们生活在信息时代，面对铺天盖地而来的信息，我们只好使用计算机。于是人类就陷入了这么一个怪圈：因为信息太多我们不得不使用计算机，可是使用计算机的结果只能是产生更快更多的信息。人类已经没有选择，这就是信息时代！

现代社会中的每个人，不管你愿不愿意，我们都没有选择地一同进入了信息时代！

信息时代有两个典型特征：一是由于互联网和相关的通信手段的空前发展，在这个小小的星球上的时空观已经发生了变化，人们已经日益感受到“零距离、柔性时间”的新时空带给人类生活方式的巨大影响。这种时空新特征的首要表现就是信息的全球一体化。在地球任何一个角落发生的事情，我们都可历历在目如在眼前，信息的全球一体化所依存的或伴生的就是经

济的全球一体化，即使发生在地球的另一面的一个小小的经济事件，也有可能给地球这边的人们的日常生活带来影响。二是信息爆炸，据美国研究人员计算，全世界平均每人每年所使用的信息量达 800 兆字节，而通过纸张、胶片、磁盘和光盘等信息载体储存的信息量自 1999 年以来几乎翻了一番。此外，据美国加利福尼亚大学的研究人员统计，全球信息生产量正在以每年 30% 的速度递增。

据此方面的研究专家计算，仅 2002 年一年间全世界就新生产出总量约达 5000 兆兆字节的信息。而通过电话、无线电、电视和因特网等各种渠道传播的信息更是高达 18000 兆兆字节。当然传播的信息当中有许多是重复信息。又据专家统计，在过去共计长达 3.2 亿小时的无线电信息传播中，仅有 7000 万个小时传播的是原始信息。同时，在长达 1.23 亿小时的电视信息传播中仅有 3100 万小时被认为是播送的新信息。只要我们稍做比较，就可以看出这一数目是何等惊人：在整个美国国会图书馆中储存的信息仅为 10000 兆字节，也就是说，2002 年全年生产出来的信息量相当于 50 万个美国国会图书馆。

信息世界中的每个人无不被淹没在信息的海洋中。研究表明，一个普通的美国人平均每个月要花费 16 至 17 个小时打电话，花费 90 个小时听无线电广播，花费 131 个小时看电视。而那些有上网条件的人则每个月还要多花 25 小时在家中上网，并且至少花 74 个小时上网做与工作相关的事。这就是说，一个普通人为

了接受新信息并达到与时代同步，他必须要花费生命中近一半或一半以上的时间。

看看我们的电子邮箱中日益增多的电子邮件，看看我们个人电脑的存储硬盘一次次扩大又一次次被填满，再看看我们办公桌旁边日渐增厚却来不及看的各种报刊杂志和资料！我们每天接触或者需要处理的信息量确实呈爆炸式增长，信息爆炸已经悄悄地把我们推进了信息的海洋，在这里我们没有选择，要么陷入灭顶之灾，要么搭乘信息海洋的诺亚方舟——计算机。

计算机是我们惟一的选择！是人类和信息之间这场战争的惟一的战利品。我们真地希望这不是那匹被狂欢的特洛伊人运进自己城市的著名的“特洛伊木马”。因此，我们必须很好地了解计算机，掌握计算机。但是，除了占人类极少比例的计算机专家之外，广大的使用者又有多少人真的了解计算机？毕竟计算机的发展速度超过了很多人的接受能力。我们都知道著名的摩尔定律：计算机芯片的集成度每 18 个月翻一番！18 个月也就是一年半的时间，这点时间对大多数应用者来说，我们可能刚刚熟悉了计算机众多功能的很小一部分，可是新一代计算机又无情地砸向我们。人类舒缓有致的生物节奏被计算机的电子节奏无情地压缩。把计算机内存储的程序和知识转入新一代计算机，可能只需要几分钟甚至更短的时间，但新生的人类要想学习先人们积累下来的知识，可能要花费十几年甚至是几十年，这就是计算机和人类之间的差距！因此，我们除了学习、拚命地学习之外，还能做什么？

不记得在什么地方读到过这么一则故事。有一个探险家，到南美的丛林中找寻古印加帝国文明的遗迹。他雇用了几个当地的土著，作为向导及挑夫，一行人浩浩荡荡地朝着丛林的深处去。那群土著脚力过人，尽管他们背负笨重行李，仍是健步如飞。在前三天的行进过程中，总是探险家先喊着需要休息，让所有土著停下来等候他。到了第四天，探险家一早醒来，便立即催促着打点行李，准备上路。不料领导土著的翻译人员却拒绝行动，令探险家为之恼怒不已。经过详细地沟通，探险家终于了解，这群土著自古以来便流传着一项神秘的习俗，在赶路时，皆会竭尽所能地拼命向前冲，但每走上三天，便需要休息一天。探险家对于这项习俗好奇不已，询问向导为什么在他们的部族中，会留下这么耐人寻味的休息方式。向导很庄严地回答探险家的问题说：“那是为了让我们的灵魂，能够追得上我们赶了三天路的疲惫身体……”探险家听了向导的解释，心中若有所悟，沉思了许久，终于展颜微笑，心中深深认为，这是他这一趟探险当中最好的一项收获。

看完这则故事，我默思良久。当计算机拖着人类疯狂飞奔的时候，我们的灵魂能追得上我们的身体吗？这也许就是我们编写这本书的初衷。

李剑峰

目 录

第 1 章 概述	(1)
第 2 章 世界高性能计算机的发展状况	(5)
2.1 概况	(5)
2.2 高性能计算机介绍	(6)
2.2.1 高性能计算机的概念	(6)
2.2.2 高性能计算机系统分类	(7)
2.2.3 高性能计算机 10 项关键技术	(7)
2.2.4 当前高性能计算机的 8 种体系结构	(8)
2.3 高性能计算机的发展历程回顾	(11)
2.4 近年国际高性能计算机的发展方向	(14)
第 3 章 我国高性能计算机的发展与现状	(21)
3.1 国产高性能计算机的发展概况	(21)
3.2 国产主流高性能计算机介绍	(23)
3.2.1 银河高性能计算机	(23)
3.2.2 神威高性能计算机	(25)
3.2.3 曙光高性能计算机	(27)
3.2.4 联想高性能计算机	(36)
3.3 高性能计算机在中国的发展方向	(39)
3.3.1 ASCI 系统(国家战略要求)	(39)
3.3.2 高端需求的通用 Cluster	(39)
3.3.3 平民化/开放化/标准化(Open cluster)	(39)
3.3.4 网络	(39)

第 4 章 从 Top500 排行榜看世界高性能计算机	(41)
4.1 2003 年世界高性能计算机 500 强情况	(42)
4.2 2003 年高性能计算机 Top500 分析	(56)
第 5 章 网络技术	(58)
5.1 计算机网络的产生	(58)
5.1.1 具有通信功能的单机系统	(58)
5.1.2 具有通信功能的多机系统	(59)
5.1.3 计算机 - 计算机网络	(60)
5.2 计算机网络的发展	(61)
5.2.1 远程计算机网络的发展	(61)
5.2.2 局域计算机网络的发展	(62)
5.2.3 互联网的发展	(63)
5.3 世界互联网络的发展	(65)
5.4 我国互联网络的发展	(69)
5.5 计算机网络发展趋势	(75)
5.5.1 概述	(75)
5.5.2 互联网未来发展的 10 大技术	(76)
5.5.3 未来需要解决的 9 大问题	(77)
第 6 章 集群技术	(78)
6.1 集群技术起源与简介	(78)
6.2 集群技术应用	(80)
6.3 PC 集群技术	(81)
第 7 章 网格技术	(86)
7.1 网格的概念	(86)
7.2 网格技术的核心是信息处理	(89)
7.3 网格的分类与网格应用	(94)
7.4 网格技术的发展现状	(98)