“十三五”国家重点出版物出版规划项目
海洋生态科学与资源管理译丛

计算机在渔业研究中的应用

（原著第2版）

[美] 伯纳德·A.梅格瑞姿 (Bernard A. Megrey)
[挪威] 厄兰·莫克斯尼斯 (Erlend Moksness)
主编
欧阳海鹰　孙英泽　胡婧　等 | 译

Computers in Fisheries Research (Second Edition)



Springer
海洋出版社

计算机在渔业研究中的应用
（原著第2版）

Computers in Fisheries Research
(Second Edition)

〔美〕伯纳德·A. 梅格瑞姿（Bernard A. Megrey）
〔挪威〕厄兰·莫克斯尼斯（Erlend Moksness）
主编

欧阳海鹰　孙英泽　胡　婧　等　译

海洋出版社

2018年·北京

图书在版编目（CIP）数据

计算机在渔业研究中的应用 /（美）伯纳德·A. 梅格瑞姿（Bernard A. Megrey），（挪威）厄兰·莫克斯尼斯（Erlend Moksness）主编；欧阳海鹰等译. —北京：海洋出版社，2018.12

书名原文：Computers in Fisheries Research（Second Edition）

ISBN 978-7-5027-9640-2

Ⅰ.①计… Ⅱ.①伯… ②厄… ③欧… Ⅲ.①计算机技术-应用-渔业-研究 Ⅳ.①S9-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 316415 号

图字：01-2016-5776

Translation from English language edition：Computers in Fisheries Research Edited by Bernard A. Megrey and Erlend Moksness Copyright 2009 Springer Science + Business Media B. V. All Rights Reserved

责任编辑：赵 武 黄新峰

责任印制：赵麟苏

海洋出版社 出版发行

http：//www. oceanpress. com. cn

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编：100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月北京第 1 次印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：22

字数：540 千字 定价：150.00 元

发行部：62132549 邮购部：68038093 总编室：62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

译　者

（按姓氏笔画为序）

丁　放　丁建乐　王　琳　王光花
巩沐歌　闫　雪　孙英泽　欧阳海鹰
陈柏松　孟菲良　胡　婧　蒋增杰
程锦祥　蔺　凡

译者前言

本书是施普林格出版社出版的《计算机在渔业研究中的应用》（第 2 版）的中译本。

最初接触到这本书，是因为我一直在为国家农业图书馆做新书书评的工作，这件工作我已经做了六七年了，在水产科学研究领域仅仅接触到这一本计算机应用方面的书，对于我们从事渔业信息技术应用的人员来讲倍感亲切。我给这本书写书评的时候非常激动，当时就有翻译并在国内出版的想法。这本书大部分的内容都来自于国际的会议，涉及渔业科学研究和应用的各个方面，能为我们提供利用计算机进行渔业研究的多方位的视角和帮助。

因此，我们组织了中国水产科学研究院信息与经济研究中心科研人员对本书相关章节进行翻译。为使本书中专业性的内容能够翻译准确到位，我们也联合了其他研究单位（黄海水产研究所、渔业机械仪器研究所、青岛农业大学）具体从事专业性工作的科研人员参与了翻译 。为保证本书翻译的准确性和前后内容的一致性，在翻译的过程中还对所有专用名词建立了对照表。

我们相信，本书的出版能对从事渔业学习、科研和计算机应用的人员提供一定的帮助。由于译者水平有限，时间仓促，因此错误与不妥在所难免，恳请读者批评指正。

本书列选入“十三五”国家重点出版物出版规划项目，并得到朱瑾、赵武等多位编辑的指导，在此一并表示感谢！

欧阳海鹰

2016 年 11 月　北京

原著前言

本书的第一版由查普曼和霍尔公司在1996年出版。第一版包含9章，原作者同意修改除某一章以外的其他章节。通过对比两个版本，读者会对十多年间现代渔业的发展有个整体的了解。在第二版的准备过程中，我们决定增加更多的章节，以呈现现代渔业在某些重要研究领域中的显著进展。这些新增的章节分别是：运用互联网搜集信息（第2章），遥感的现状及应用（第5章），生态系统模型（第8章）以及数据的可视化（第10章）。第二版提供了当前时期的一些有价值的应用案例，使科学家们有机会去评估不同的计算机技术在他们特定的研究状况下是否适用，并从其他人的研究经验中获益。正是基于这个目的，我们新增了这些章节。

本书的历史要追溯到1989年，维达博士（美国西雅图阿拉斯加渔业科学中心）请我们准备并召开一个在1992年希腊雅典世界渔业大会上关于计算机在渔业领域的应用主题会议。我们欣然接受了这个提议，而且会议成功举办。这项会议由三部分组成：一是训练课程；二是附有海报的非正式示范课；三是口头汇报科学论文。我们惊叹于同行高水准的表现以及论文报告的卓越成就。接下来在1993年，我们与约翰·拉姆斯特博士（英国洛斯托夫特瓷渔业实验室）在ICES（海洋探索国际委员会）的法定会议上一起组织了以“计算机在渔业领域的应用研究”为主题的研讨，会议在爱尔兰都柏林如期举行。会上我们收到的论文数量远远超出了我们的预期，共收到62个研究摘要。之前参加过世界渔业大会的奈杰尔.J. 巴尔姆福斯（查普曼和霍尔公司），请我们以这一主题准备一本书的目录大纲。鉴于最近的两次经验，我们意识到国际渔业联合会同行的高水平，并了解到目前确实没有这样一本既反映当前也规划未来的计算机在渔业科学方面应用趋势的书。因此，我们认为写这样一本书确实有必要。每个人都将很快意识到计算机在渔业科学领域的应用潜能，更多的科学家们也正从这些新的研究工具中获益。

我们相信这本书对任何定量资源管理课程、渔业课程，或是应用在渔业的计算机应用程序课程方面均有一定意义。本书也会为毕业生以及在校大学生修读以上课程提供相应的阅读背景帮助。本书对农业学术组织、渔业资源管理项目、国际渔业实验室、图书馆系统也是有用的。同时，此书也对行政管理者、经营管理者、科学研究者、生物领域专家、高校研究学者、高校学生、毕业以及在校大学生、咨询者、政府研究员，甚至参与到渔业或自然资源学科的外行们都十分有益。

最后，我们十分感谢所有章节的作者在编写本书期间的积极响应。

伯纳德·A. 梅格瑞姿

厄兰·莫克斯尼斯

美国，挪威

2008年10月

参与编写者（Contributors）

Alida Bundy Fisheries and Oceans, Canada Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, PO BOX 1006, N. S., B2Y 4A2, Canada

Marta Coll Institute of Marine Science (ICM-CSIC), Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49, 08003 Barcelona, Spain

Kenneth G. Foote Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, USA

Olav Rune Godø Institute of Marine Research, Nordnes, 5817 Bergen, Norway

Albert J. Hermann Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Seattle, WA 98115, USA

James N. Ianelli U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Alaska Fisheries Science Center, REFM Div., 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115-6349, USA

Ferren MacIntyre Expert-center for Taxonomic Identification, U. Amsterdam, NL-1090 GT Amsterdam, The Netherlands; National University of Ireland, University Road, Galway, Ireland

Mark N. Maunder Inter-American Tropical Tuna Commission, 8604 La Jolla Shores Drive, La Jolla, CA 92037-1508, USA

Geoff Meaden Department of Geographical and Life Sciences, Canterbury Christ Church University, North Holmes Road, Canterbury, Kent, CT1 1QU, UK

Bernard A. Megrey U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Alaska Fisheries Science Center, 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115, USA

Erlend Moksness Institute of Marine Research, Flødevigen Marine Research Station, 4817 His, Norway

Christopher W. Moore Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Seattle, WA 98115, USA

Thomas T. Noji U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Science Center, Sandy Hook, NJ 07732, USA

Pierre Petitgas IFREMER, Department Ecology and Models for Fisheries, BP. 21105, 44311 cdx 9, Nantes, France

Kenneth A. Rose Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

Shaye E. Sable Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University,

Baton Rouge, LA 70803, USA

Saul B. Saila 317 Switch Road, Hope Valley, RI 02832, USA

Jon T. Schnute Fisheries and Oceans Canada, Pacific Biological Station, 3190 Hammond Bay Road, Nanaimo, B. C., V9T 6N7, Canada

Lynne J. Shannon Marine and Coastal Management, Department of Environmental Affairs and Tourism, Private Bag X2, Rogge Bay 8012, South Africa; Marine Biology Research Centre, Department of Zoology, University of Cape Town, Private Bag, Rondebosch, 7701, South Africa

Eirik Tenningen Institute of Marine Research, Nordnes, 5817 Bergen, Norway

Eleanor Uhlinger Dudley Knox Library, Naval Postgraduate School, Monterey, CA 93943, USA

Carl J. Walters Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, B. C., V6T1Z4, Canada

Janet Webster Oregon State University Libraries, Hatfield Marine Science Center, 2030 Marine Science Drive, Newport, OR 97365, USA

目　录

第 1 章　过去、现在和未来计算机在渔业研究中的应用趋势 …… (1)
1.1　引言 …… (1)
1.2　硬件的发展 …… (2)
1.3　处理海量的数据 …… (11)
1.4　强大的软件 …… (14)
1.5　更好的连接 …… (15)
1.6　协作与交流 …… (19)
1.7　总结 …… (20)
第 2 章　数字时代渔业信息的生产和消费 …… (23)
2.1　渔业信息生命周期 …… (23)
2.2　消费信息 …… (24)
2.3　制造信息 …… (35)
2.4　渔业信息的未来 …… (43)
第 3 章　一些计算机人工智能方法的应用扩展指南 …… (50)
3.1　简介 …… (50)
3.2　处理某些形式的渔业数据 …… (51)
3.3　粗糙集的概念、简介和举例 …… (52)
3.4　案例推理 …… (55)
3.5　专家系统 …… (56)
3.6　神经网络 …… (58)
3.7　遗传算法 …… (59)
3.8　模拟退火(SA) …… (60)
3.9　小结及展望 …… (61)
第 4 章　地理信息系统(GIS)在渔业管理和科研中的应用 …… (67)
4.1　GIS 介绍和早期的 GIS …… (67)
4.2　地理信息系统软件在渔业管理和研究中的应用 …… (69)
4.3　渔业 GIS 开发和支持的主要中心 …… (73)
4.4　GIS 用于渔业研究的示例 …… (76)
4.5　利用 GIS 进行渔业管理和研究所面临的挑战 …… (80)
4.6　结论与展望 …… (84)
第 5 章　遥感 …… (89)
5.1　前言 …… (89)

5.2 传感器 …… (90)
5.3 数据管理、融合和同化 …… (103)
第6章 鱼类资源量化研究调查 …… (109)
6.1 简介 …… (109)
6.2 鱼卵和幼鱼调查 …… (110)
6.3 标志重捕实验 …… (111)
6.4 捕鱼调查 …… (112)
6.5 声学定量调查 …… (113)
6.6 光学调查 …… (125)
6.7 综合调查 …… (129)
6.8 辅助器具 …… (131)
6.9 新型或特制声学仪器与技术的潜在调查应用程序 …… (132)
第7章 地质统计学及其在渔业调查数据中的应用:1990—2007 年的历史观点 …… (147)
7.1 简介 …… (147)
7.2 丰度估计与映射 …… (148)
7.3 生态学思考 …… (158)
7.4 关于软件 …… (166)
7.5 未来挑战 …… (167)
第8章 Ecopath with Ecosim 在海洋生态系统研究中的应用 …… (172)
8.1 简介 …… (172)
8.2 Ecopath with Ecosim …… (173)
8.3 案例分析 …… (186)
8.4 EwE 生态系统模型的用途及局限性 …… (209)
第9章 图像识别 …… (226)
9.1 引言 …… (226)
9.2 图像处理 …… (228)
9.3 浮游藻类识别 …… (230)
9.4 从耳石形状差别辨识鱼类 …… (232)
9.5 鱼龄及生长速度的测定 …… (235)
9.6 从回声探深仪中识别物种 …… (237)
9.7 需要更进一步的发展 …… (237)
9.8 存在的问题及前景 …… (240)
9.9 本章小节 …… (241)
第10章 渔业海洋学可视化:快速勘探沿海生态系统的新途径 …… (244)
10.1 简介 …… (244)
10.2 生物物理三维空间计算机透视图 …… (248)
10.3 立体沉浸可视化方法 …… (251)
10.4 建模和可视化未来 …… (257)

第 11 章 计算机在渔业种群动态中的使用 …… (260)
11.1 介绍 …… (260)
11.2 建模环境 …… (261)
11.3 自定义种群评估软件 …… (268)
11.4 模型设计及应用程序的最新发展 …… (271)
11.5 论述 …… (278)
第 12 章 鱼类种群的多物种建模 …… (288)
12.1 简介 …… (288)
12.2 多物种相互作用 …… (289)
12.3 多物种模型 …… (290)
12.4 基于个体的模型与矩阵模型之间的比较 …… (295)
12.5 未来的发展方向 …… (300)
第 13 章 计算机与渔业科学的未来 …… (308)
13.1 简介 …… (308)
13.2 为衡量渔业动态开启一扇窗 …… (309)
13.3 针对不确定性设计有力策略 …… (311)
13.4 将非法捕捞纳入考虑范围:探索渔业的真实情况 …… (312)
13.5 探索选择和机遇:整合评估和管理 …… (313)
13.6 误区:大模型,大信息以及大错误 …… (314)
附录 1 生物词汇表 …… (318)
附录 2 综合词汇表 …… (322)

第1章　过去、现在和未来计算机在渔业研究中的应用趋势

Bernard A. Megrey 和 Erlend Moksness

公平地讲，个人计算机已经成为人类发明的最强大的工具。它们是交流的工具，创造力的工具并且被使用者打造。

比尔·盖茨（Bill Gates）共同创始人，微软公司

在苹果机之前，我们的一个工程师向我建议英特尔应该构造一个家用计算机。我就问他："什么样的傻瓜愿意在家里有一个计算机呢?"这似乎很可笑!

戈登·摩尔（Gordon Moore）前董事长和CEO，英特尔集团

1.1　引言

1996年，当准备出版第一版《计算机在渔业研究中的应用》时，我们开篇就声明："在过去20年间科学计算的本质已经显著改变了"。我们坚信这一声明自1996年起一直是有效的。正如赫拉克利特在公元前4世纪所说的，"没有什么是永久的，只有改变是永恒的!"。20世纪80年代个人计算机的出现彻底地改变了计算的形式。今天的科学计算环境持续以惊人的速度在改变着。

在本书的上一个版本，我们指出个人计算机在渔业科学的大规模使用，是落后于商业领域的。1996年以前，计算机是稀缺的，一般多个使用者共同使用一台，计算机通常被放置在一个公共的区域。今天，在许多现代化的渔业实验室里，科学家使用多台计算机用于个人办公是普遍的。台式机和便携式笔记本电脑通常是最小配置。类似的，在许多实验室，有几台电脑，每台电脑负责一个特定的计算任务，如大规模的模拟计算。我们认为，由于计算机性能的改进和可移植性及小型化的发展，使用计算机和计算机应用程序支持渔业和资源管理活动仍在迅速扩大，与此同时，它应用的研究领域也越来越丰富多样。电脑对现代渔业研究的重要作用是毋庸置疑的。我们描述的趋势，不断发生在全球渔业研究社区。它显著地提高工作效率，增加我们对自然系统的基本了解，帮助渔业专业人士检测模式和开发工作假设，提供关键的工具理性管理稀缺的自然资源，提高我们的组织、检索文档数据和数据源的能力，鼓励我们更清晰地思考和更周到地分析渔业问题。我们可能想知道著名的理论家和渔业杰出人物，像路德维希·冯·贝塔朗菲等名人，以及威廉·雷克或雷·贝沃顿和西德尼·霍尔特，如果他们有一台笔记本电脑会有什么进展和发现。

出版此书的目的是为渔业专业人士了解计算机在他们特定的研究领域中的应用情况提供一个工具，并且使他们熟悉新技术和应用领域的发展。我们希望通过对比 1996 年第一版和今天的版本内容实现这一点。希望这种比较将有助于解释为什么计算工具和硬件对管理我们的自然资源是如此重要。与前一版一样，我们实现目标的方式是，让来自世界各地的专家概述论文，而这些论文代表当前和未来应用计算机技术进行渔业研究的趋势。我们的目标是为最新且最重要的，而这些选题是关于计算机在渔业研究的应用前沿，以及计算机在保护和管理水生资源方面的应用。在许多情况下，这些内容都是第一版的相同作者完成的，所以从 10 年的角度看他们的贡献是独特而深刻的。

这本书中的许多主题在 1989 年即被预测到未来的重要性（沃尔特斯，1989）并且成为持续推动我们科学前进的应用前沿：图像处理、股票评估、模拟、游戏和网络。章节安排是更新这些领域以及引入几个新的主题领域篇章。虽然我们意识到电脑的快速变化使得呈现数据信息的挑战加大，也使得出版书籍所花费的时间变长，但是我们希望这本书所建议的新兴趋势和未来的发展方向以及计算机的影响作用对渔业研究是有价值的。

1.2　硬件的发展

人们不得不惊叹计算机技术进步的速度有多快。当前典型的台式机或笔记本电脑，相比于原来的单色 8 KB 随机存取内存（RAM），4 MHz 的 8088 微机或原始 Apple II，在许多领域提高了几个数量级。

其中最引人注目的是硬件处理能力、彩色图形分辨率和显示技术、硬盘存储和内存数量的发展。最值得注意的是，自 1982 年以来，高端微机系统的成本一直在 3 000 美元左右。这句话是真实的，在 1982 年以及 1996 年印刷的最后一版如此，且在今天也适用。

1.2.1　中央处理器和内存

虽然我们可以认识到，计算机技术迅速变化，但是这句话似乎并没有充分描述任何电子计算引擎——中央处理器（CPU）的飞速进步。晶体管是 1947 年在贝尔实验室发明的，是 CPU 芯片的基本电子元件。高性能 CPU 需要更多的集成电路，这由稳步上升的晶体管密度得以反映。简单地说，CPU 上的晶体管数量是每秒浮点运算次数（FLOPS）的计算能力的体现。晶体管越多的 CPU 或硅引擎，它可以做的工作更多。

晶体管密度的趋势随着时间的推移，约每隔 18 个月便会增加一倍的公理被称为摩尔定律。这个命题是英特尔创始人之一戈登·摩尔（1965）通过观察和市场营销作出的预言。1965 年，摩尔时任仙童半导体公司的研发主管，该公司也是第一代大规模商业集成电路生产商。他仅用 5 点画了一条线代表 1959 年和 1964 年之间以最低成本组件开发的每个集成电路的组件数量（来源：http：// www. computerhistory. org/semiconductor/timeline/1965-Moore. html，2008 年 1 月 12 日访问）。这一通过观察产生的预测成为一个自我实现的预言，成为半导体产业的推动主体之一。摩尔定律指出，计算机 CPU（集成电路），可容纳的晶体管数量每 18~24 个月就会增加一倍。

图 1.1 支持这一说法。1979 年，8088 CPU 集成了 2.9 万个晶体管。1997 年，奔腾 II

集成了 750 万个晶体管，2000 年奔腾 4 集成了 4.2 亿个晶体管，延续这一趋势到 2007 年，这样，双核安腾 2 处理器集成了 17 亿个晶体管。除了晶体管密度、数据处理功能（即处理 8 位、16 位、32 位到 64 位指令信息每条），甚至运算速度都在不断增加（图 1.2），每秒执行的指令数持续提升。

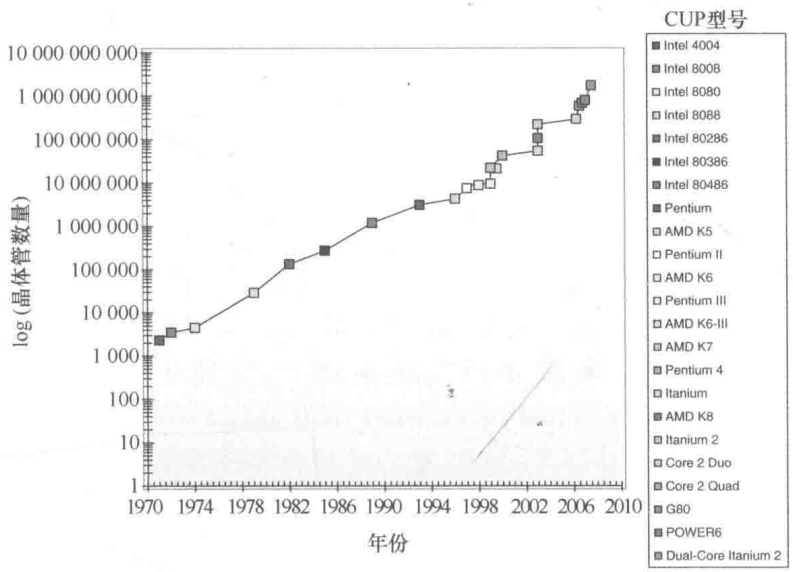


图 1.1

不同的 CPU 芯片上晶体管数量的趋势注意纵轴是对数尺度（来源：http://download.intel.com/pressroom/kits/lnteIProcessorHistory.pdf. 2008 年 1 月 2 日访问）。

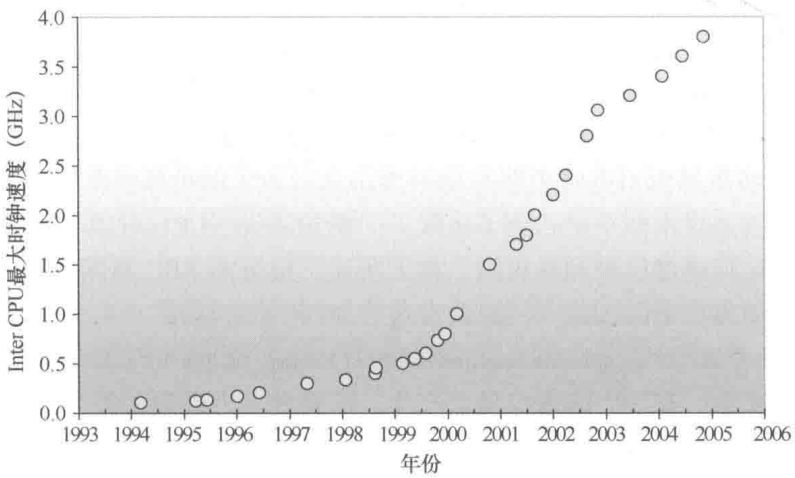


图 1.2

CPU 时钟速度趋势（来源：http://wi-fizzle.com/compsci/cpu_speed_page_3.png，2008 年 1 月 12 日访问）。

值得注意的是，在过去的 26 年间，虽然每个 CPU 芯片上的晶体管数量增加了 1 000

倍，但与自 1996 年以来另一个（每秒数以百万计的指令，MIPS）1 000 倍增长相比，计算机性能自 8088 问世以来增加了 1 万倍（来源：http：//www. jcmit. com/cpu - erformance. htm，2008 年 1 月 12 日访问）。科学分析师会使用大型数据库、科学可视化、应用统计、建模和仿真，这些需要尽可能多的 MIPS。上面描述的更强大的计算平台将使我们能够执行那些早些时候我们无法执行的分析（参第 8、第 11 和第 12 章）。

我们在本书第一版时预测，“CPU 每 3 年会快 4 倍，多处理器设计将普及”。这种预测已经被证明是正确的。根据摩尔定律，在过去的 40 年间 CPU 性能持续增加，但这一趋势在不久的将来可能会改变。现有晶体管制造技术（光刻）构建更高要求的晶体管密度的现实空间越来越小。CPU 的制造过程由 20 世纪 70 年代早期使用 10 μm “光刻”技术到最新的芯片使用 45 nm 技术。由于这些进步，浮点运算性能衡量的单位成本大幅下降（图 1. 3）。

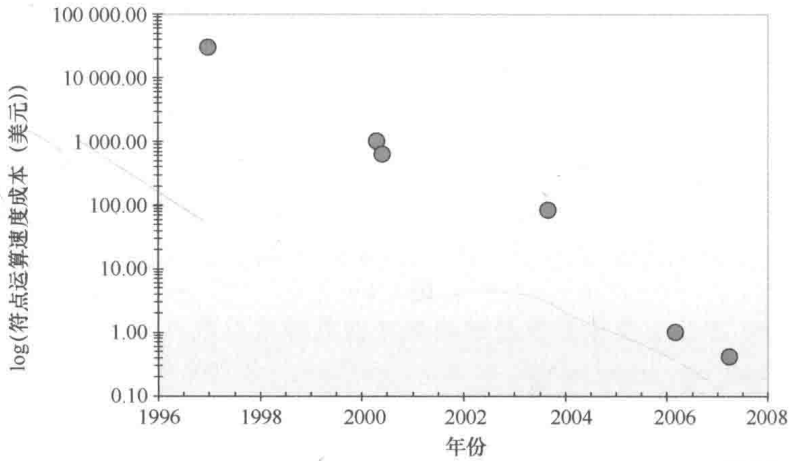


图 1. 3

CPU 性能符点运算速度成本（美元）趋势（每秒 10^9 浮点指令）　（来源：http：//en. wikipedia. org/wiki/Teraflop。2008 年 1 月 12 日访问）。

密集的硅片制造技术似乎是达到了极限——换句话说，CPU 可以容纳的晶体管数量和它们内部时钟的运行速度已经到达极限。如上所述，最近的 BBC 新闻，“这个行业现在认为，我们正接近经典技术的极限——经典在过去 40 年非常精准——怎么办。”（来源：http：//news. bbs. co. uk/2/hi/science/nature/4449711. stm，2008 年 1 月 12 日访问）。由于微处理器电路规模变小，有一个问题也随之产生。那就是电力泄漏的发生，电力或电子元件在电路之间更紧密地聚集在一起的泄漏。过热也已经成为一个问题，当处理器架构变得更小和时钟速度增加，使得这个问题变得更加的严重。

传统的处理器有一个芯片上的处理引擎。通过提高晶体管密度，不增加时钟速度来提高性能的一个方法是把多个 CPU 放到一个芯片上，并允许它们独立操作不同的任务（称为线程）。这些先进的芯片被称为多核心处理器。一个双核处理器是将两个 CPU 引擎集成在一个芯片中。四核处理器有 4 个引擎。多核心芯片都是 64 个，这意味着它们可以通过 64 位的数据每条指令工作。这是当前标准的 32 位处理器速度的两倍。一个双核处理器理

论上使得计算能力加倍，因为一个双核处理器可以同时处理两个线程的数据。结果是减少等待任务完成的时间。同样四核芯片可以处理 4 个线程的数据。

勇往直前的进步。英特尔在 2007 年 2 月宣布它拥有一个包含 80 个核心处理器和能够具备 1 万亿次浮点（每秒 10^{12}次浮点运算）处理能力的原型 CPU。指甲盖大小的 80 核心芯片超级计算机性能的潜在用途开启了难以想象的机遇（来源：http：//www. intel. com/pressroon/archiv e/releases/20070204comp. htm，2008 年 1 月 12 日访问）。

如果多个核心 CPU 还不够强大，新产品将开发动态可扩展的体系结构，这意味着几乎所有包含在处理器中的部分——核芯、缓存、线程、接口、电能——可以动态分配使用——基于性能、功率和热能的需求（来源：http：/ /www. hardwarecentral. com/hardware-central/reports/article. php/3668756，2008 年 1 月 12 日访问）。假如 IBM 将硅纳米引入市场，超级计算机很快就会同笔记本电脑一样大小。采用这种新技术，芯片上的电线都换成细小光纤上的光脉冲以达到芯片上处理器核心之间更快、更高效的数据传输。这种新技术可以快 100 倍，消耗十分之一的电能，产生更少的热量（来源：http：//www. infoworld. com/article/07/12/06/IBM－researchers－build－supercomputer－on－a－chip_1. html，2008 年 1 月 12 日访问）。

多核处理器提升了处理能力。还有一个问题：大多数软件项目滞后于硬件的改进。为了最大限度利用 64 位的处理器，需要一个操作系统和相应的应用程序支持它。不幸的是，在撰写本书时，大多数软件应用程序和操作系统的编程目的不是为了可以利用多核的能力。这将会慢慢地改变。目前，64 位的操作系统有 Linux、Solaris、Windows XP 和 Vista。然而，64 位版本的驱动程序大部分是不可用的，所以现今的情况是 64 位操作系统会由于缺乏可用的驱动程序而令人感到沮丧。

另一个当前的发展趋势是使用计算机集群构建高性能计算环境，这是指一群松散耦合的计算机，通常通过高速局域网连接在一起。集群一起工作，以便可以使用多个处理器，仿佛它们是一台计算机。集群是通过部署的一台计算机提高性能，虽然价格会比使用单一的电脑便宜一些，但速度或可用性可以与之相媲美。

贝奥武夫是一种使用廉价的个人计算机硬件搭建高性能并行计算集群的设计。它最初起源于美国宇航局的托马斯·斯特林和唐纳德·贝克尔。这个名字来自于古英语史诗《贝奥武夫》的主要人物。

贝奥武夫（Beowulf）集群的工作站通常是一组相同的 PC 电脑，配置成多架构，运行一个开源类 Unix 操作系统，如 BSD（http：//www. freebsd. org/，2008 年 1 月 12 日访问），Linux（http：//www. linux. org/，2008 年 1 月 12 日访问），或 Solaris（http：//www. sun. com/software/solaris/index. jsp? cid-921933，1933 年 1 月 12 日访问）。它们加入到一个小网络并有一个索引和安装程序允许在成员之间分享处理工作。服务器节点控制整个集群和面向客户机节点的服务文件。这也是集群的控制台和通往外面世界的网关。大贝奥武夫机器可能有多个服务器节点，也有负责特定任务的其他节点，例如主机或监测站。节点被服务器节点配置和控制，由于缺少客户端配置就只能做被告知的操作。

没有特定的软件定义一个集群作为贝奥武夫。常用的并行处理库包括消息传递接口（MPI，http：//www－unix. mcs. anl. gov/mpi/，2008 年 1 月 12 日访问）和并行虚拟机

(PVM，http：//www. csm. ornl. gov/pvm/，2008 年 1 月 12 日访问)。这两个都允许程序员分配任务给一组联网电脑和收回处理后的结果。软件必须修改后集群利用。具体地说，它必须能够执行多个独立的并行操作，这些操作可以分布在可利用的处理器中。微软也分发一个 2003 版本的计算集群（来源：http：//www. microsoft. com/windowsserver2003/ccs/default. aspx，2008 年 1 月 12 日访问）以方便建立一个基于微软 Windows 平台的高性能计算资源。

一个贝奥武夫（Beowulf）和一个工作站集群之间的主要差异是，贝奥武夫的表现更像是一个单独的机器，而不是许多工作站。在大多数情况下，客户机节点没有键盘或显示器，只能通过远程登录访问或通过远程终端。贝奥武夫节点可以被认为是一个插在集群中的“处理器+记忆包”，就像一个可以插到主板上的处理器或内存模块（来源：http：//en. wikipedia. org/wiki/Beowulf_ （计算），2008 年 1 月 12 日访问）。贝奥武夫系统现在部署在世界范围内，主要是支持科学计算并在渔业应用程序中使用得越来越多。典型的配置由多台基于 64 位 AMD 皓龙处理器或 64 位 Athlon 速龙处理器的机器组成。

对于 CPU 的有效性来说，内存是最易获得的大容量存储。我们预计随着操作系统和应用软件变得更加功能齐全和更适合 RAM 的需要，RAM 配置标准将继续增加。例如，“推荐”配置 Windows Vista 家庭高级版和苹果新推出的雪豹操作系统是 2 GB 内存，1 GB 的操作系统，另 1GB 用于数据和应用程序代码。在前面的版本，我们预测在 3～5 年（1999—2001 年）64～256 MB 的动态随机存储器使用和 64 MB RAM 的机器将成为典型。这一预言是非常不准确的。多年来，半导体制造技术的进步使得 1 GB 内存配置不仅成为现实，而且司空见惯。

并不是所有的内存执行都是一样的。新类型，称为双数据速率 RAM（DDR），减少 CPU 与内存的运行时间，从而加快计算机执行力。DDR 有几种不同的版本。DDR 自 2000 年以来已经存在，那时被称为 DDR1。DDR2 是在 2003 年被引进的。DDR2 达到普及花了一段时间，今天你可以在大多数的新电脑中找到它。DDR3 在 2007 年中期开始出现。内存（RAM）只是为处理器存储数据。然而，有一个缓存的处理空间在处理器和缓存存储之间：L2 快速存储。处理器将数据发送给这个缓存。当缓存溢出，数据被发送到内存。当处理器需要数据，内存（RAM）将数据发送回 L2 高速缓存时，DDR 内存在每个时钟周期的传输数据两次。时钟速率，单位是周期每秒，或赫兹，就是执行操作的速率。DDR 时钟速率在200 MHz（DDR-200）和 400 MHz（DDR-400）范围之间。DDR-200 传输速率是16 000 Mbit/s（Mb s-1 :106 bits s-1），而 DDR-400 传输速率 3 200 Mbit/s。DDR2 内存是 DDR 内存的两倍。DDR2 内存总线数据速率也是后者的两倍。这意味着模块在每个时钟周期运行了两倍的数据。DDR2 内存也比 DDR 内存消耗更少的能量。DDR2 速度范围在 400 MHz（DDR2-400）到 800 MHz（DDR2-800）。DDR2-400 速率是 3. 200 MB/s。DDR2-800 传输速率是 6 400 MB/s 的。DDR3 内存运行速率是 DDR2 内存运行速率的两倍，至少理论上如此。DDR3 内存功耗比 DDR2 内存低。DDR3 速度范围在 800 MHz（DDR3-800）到 1 600 MHz（DDR3-1600）。DDR3-800 传输速率 6 400 MB/s；DDR3-1600 传输速率是 12 800 MB/s。

随着芯片从 8 位到 64 位处理器性能增加，可寻址内存空间也增加了。处理器很容易