



THE STUDENT
SUPERCOMPUTER
CHALLENGE GUIDE

超算竞赛 导引



《超算竞赛导引》编写组



科学出版社

超算竞赛导引

《超算竞赛导引》编写组



科学出版社

北京

内 容 简 介

ASC 世界大学生超级计算机竞赛由中国发起,得到了中国乃至全球众多大学的积极参与及海内外超算专家和单位的大力支持。大赛从 2012 年以来每年举办一次,目前已经发展成为全球最大规模的超算赛事。

本书以 ASC 超算竞赛为主体,深入浅出地介绍了超级计算机基础、往届超算竞赛情况以及竞赛赛题分析等内容。全书分为学习篇、竞赛篇和进阶篇三部分,共 14 课。学习篇引领读者理解超级计算机及其系统架构、评测方法等;竞赛篇详细介绍了 ASC 世界大学生超级计算机竞赛及规则;进阶篇则以实际超算竞赛赛题为例,介绍了如何针对实际超算应用赛题进行算法分析和性能优化。

本书由亚洲超算协会与浪潮集团组织国内外超算专家共同撰写,是全球第一本系统介绍超算竞赛的专著。本书将帮助青年学生通过超算竞赛了解和热爱超算,帮助教师指导学生研究超算,帮助科研工作者获悉超算如何为科技创新提供计算支持。

图书在版编目(CIP)数据

超算竞赛导引 / 《超算竞赛导引》编写组编著. —北京:科学出版社,2016.3
ISBN 978-7-03-047163-5

I. ①超… II. ①超… III. ①超级计算机—研究 IV. ①TP338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 017354 号

责任编辑:余 丁 赵艳春 / 责任校对:包志虹

责任印制:张 倩 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:11 1/2

字数:224 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序 一

超级计算作为当下科学研究的三大支撑手段之一，已经广泛应用于气象预报、石油勘探、地球模拟、宇宙科学、新材料研发、新药研发、汽车与航空器设计等前沿领域。同时，超算也是解决重大经济和社会问题的重要科技手段，如环境保护、基因测序、自然灾害预报、互联网深度学习等也都需要在超算平台上进行计算模拟以得出快速有效的决策。

近年，全球在超算系统建设能力有了大幅提升，最快的超级计算机已经超过 5 亿亿次的计算性能，并将在未来几年进入到百亿亿次时代，超算应用的领域也越来越广，产业发展欣欣向荣。然而在超算硬件快速发展的背后，我们也看到了超算产业面临着应用落后和人才缺乏的困境。

从 2012 年开始，浪潮集团联合亚洲超算协会共同发起世界大学生超级计算机竞赛（ASC），其目的是希望通过大赛的平台，推动中国乃至世界各国及地区间超算青年人才交流和培养，让更多的青年人才有机会接触到最新的超算科技和应用，提供给青年人才系统的超算知识培训和实际动手操作的机会，通过竞赛调动青年人在超算方面的创新热情。这是浪潮作为企业的社会责任和使命使然，希望通过此举为超算行业的长远健康发展贡献力量。

我们很欣喜地看到，ASC 超算竞赛已经得到世界范围越来越多的高校、科研机构、超算专家的积极参与和大力支持，参赛规模和赛事覆盖范围越来越广，逐渐成为世界规模最大的大学生超级计算机竞赛，与美国 SC、德国 ISC 并列为全球三大超算竞赛。ASC 超算竞赛的面向前沿、高端系统、应用导向、动手实践等特点吸引了越来越多的青年学生投入参与，而同学们在竞赛中迸发的创新热情让人惊喜，他们在竞赛中取得的创新成果让人惊叹，给实际超算应用带来了宝贵的启发和促进。更重要的是，越来越多的青年人通过 ASC 竞赛，学习超算、热爱超算，为科技产业创新提供了很好的超算人才动力。

《超算竞赛导引》是全球第一本关于超算竞赛的书，该书集合了众多优秀参赛队伍和超算领域的学者专家撰写而成，内容翔实全面，由浅入深。让超算从“旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家”一直是 ASC 世界大学生超算竞赛的重要目的，希望通过本书可以帮助到更多有志于超算应用和创新的青年人才。

王恩东

中国工程院院士

高效能服务器和存储技术国家重点实验室主任

浪潮集团首席科学家

2015 年 12 月 10 日

序 二

计算已经和理论与实验一起，成为科学研究和工程设计的基本手段之一。基于超级计算的数值模拟已广泛应用于裂变与聚变能源、新能源开发、新材料设计、天气预报、电磁信息安全、油气勘探、飞行器和高速列车及汽车结构优化设计、大型工程仿真等国民经济重大应用领域和生命科学、材料科学等前沿基础研究领域，达到了缩短研究周期、降低研发成本的目的。当前，超级计算已经和人们的生活息息相关，精准数值天气预报、基于模拟的新药发现、减灾防灾、环境污染治理、大规模信息服务、数据挖掘与知识发现、数字媒体与文化创意等，均可以看到超级计算的身影。

当前，我国超级计算应用水平还相对滞后，迫切需要一批青年才俊投身其中，充分展示超级计算解决实际应用的潜在能力。为此，亚洲超算协会联合浪潮集团主办了 ASC 世界大学生超级计算机竞赛，取得了良好效果，并成为全球具有影响力的赛事。本书由参加了历届超算竞赛的支撑技术团队和多支参赛团队合力撰写，旨在吸引更多的高校团队参与，通过比赛学习超级计算的相关知识和理论，从侧面推动我国超级计算应用水平的提升，达到吸引和培养青年人才的目的。

本书将引领读者理解超级计算及其系统架构、评测方法等，并详细介绍了 ASC 竞赛及规则，以及 ASC 初赛和决赛的试题及其解析和优化方法等。

浪潮集团作为在高性能服务器、容错计算机、海量存储设备、云计算、大型应用软件等多个领域具有重要影响力的企业，与亚洲超算协会合作，赞助并支撑起 ASC 竞赛，付出了艰辛的努力。本书也是在浪潮集团的大力支持下完稿的。

作为 ASC 竞赛的评审委员会主席和我国超级计算科技工作者中的一员，我衷心祝愿 ASC 竞赛越办越好，各参赛团队表现得越来越好，也衷心希望本书可以帮助各参赛团队取得更好的成绩。

莫则尧

北京应用物理与计算数学研究所副所长
ASC 世界大学生超级计算机竞赛评审委员会主席

2015年3月26日

序 三

计算科学与工程已经成为与实验观察、理论分析并列的基本科研手段，是推动工程技术创新的重要因素，计算科学与工程支持定量化与精确化描述，对提高科学研究水平具有重要意义。计算科学与工程是 21 世纪最普遍的多学科交叉工作模式，最伟大的科学突破将在其推动下产生，而超级计算是计算科学与工程不可或缺的重要手段。

超级计算在国内外发展迅猛，美国、日本、欧盟等也投巨资研发超级计算机，并大力开展超级计算技术与应用的研究工作。我国将超级计算作为战略高技术，并列入国家中长期发展规划。超级计算长期得到国家 863 计划的支持，并已取得了长足进步。由 863 计划支持研制的天河二号超级计算机，在 2013 年 6 月全球超级计算机 Top500 强登顶后，已连续多次排名世界第一。美国无论是高性能计算机的研制能力，还是高性能计算的应用能力都远远超过其他国家，我国在超级计算应用方面与美国的差距很大，如何提高我国超级计算应用水平是亟待解决的问题。

亚洲超算协会联合浪潮集团举办的 ASC 世界大学生超级计算机竞赛为超级计算技术的推广做了一件十分有意义的工作，该竞赛受到了国内外众多大学的支持，特别是参加竞赛的国内高校越来越多，使众多的大学生了解超级计算、热爱超级计算并投身于超级计算事业。目前迫切需要一本全面介绍超级计算基本方法、基本技术、基本规则的书籍，并能介绍一些重要的竞赛题目及方法。

本书正是基于超级计算机竞赛的需求，一些超级竞赛评委、高水平教练和一些知名学者，完成了编写工作。本书的内容包含学习篇、竞赛篇与进阶篇。学习篇可让读者了解超级计算机的基本概念与基本方法，包括超级计算机系统机构、网络通信、开发环境、应用环境及评测技术，为更好地参加竞赛打下基础；竞赛篇介绍了 ASC 超级计算机竞赛的规则，并对规则进行了详细分析，增强了竞赛的透明性；进阶篇则对超级计算的初赛与决赛的试题进行了分析，给出了对策建议，特别详细介绍了一些特定应用的并行及优化方法，针对性很强，对学生在很短时间内掌握主要的并行方法与优化策略十分有意义。

本书的出版，将对超级计算技术的推广和人才培养起到积极的作用。希望本书对参赛队员的基本训练有意义，对应用的并行优化有帮助，也衷心希望 ASC 世界大学生超级计算机竞赛越办越好，竞赛水平更上一个台阶。

杨广文

清华大学高性能计算研究所所长

2012 年中国大学生超级计算机竞赛组织委员会主席

2015 年 7 月 8 日

寄 语

中国的发展正面临一系列重大挑战，例如，极端灾害天气渐成常态、环境污染得不到有效遏制、突发恶性传染病威胁人民健康、能源短缺制约可持续发展、粗放低效的发展模式亟待改变、经济结构的调整转型迫在眉睫。急需通过改革和创新，应对挑战，走出一条绿色、高效、健康的可持续发展之路。高性能计算应该在这个转变过程中发挥其不可或缺的作用。

过去 20 年，在国家 863 计划支持下，我国的高性能计算事业得到了长足的发展。国产超级计算机的运算速度已经多次位居世界第一。但是，必须看到，我国的高性能计算应用与发达国家相比，无论广度和深度都还有很大差距。制约高性能计算应用发展的因素很多，其中一个重要因素就是人才短缺，缺少能够熟练掌握计算工具解决实际问题的高素质人才。

ASC 世界大学生超级计算机竞赛是促进高性能计算人才培养和成长的一种有益尝试，它以比赛的形式，提高大学生的兴趣和竞争意识，培养以计算解决实际问题的能力，训练在约束条件下求最优的技能。这样的比赛经历，会对参赛学生的职业生涯有长远的影响。正因为此，ASC 竞赛举办短短几年，就受到大学生的接受和欢迎，不仅中国参赛的人数逐年提高，而且吸引了其他国家大学生的积极参与，逐渐成为高性能计算界一项有影响力的国际活动。

本书作为参与 ASC 竞赛的导引资料，深入浅出地介绍了超算的概念、竞赛的规则、竞赛平台的构建和典型算例与软件的优化方案，是帮助大学生和指导教师了解、熟悉 ASC 竞赛急需的教材。它的出版，必将进一步拓展 ASC 竞赛的影响，鼓励更多的大学生参与 ASC 竞赛，进而推动高性能计算技术与应用的进步。

钱德沛

国家 863 计划“高性能计算机及其核心软件”重大专项总体组组长

北京航空航天大学教授

ASC 世界大学生超级计算机竞赛专家委员会委员

2015 年 6 月 12 日

二

在信息技术的高速发展之下，高性能计算成为信息领域的前沿高新技术，广泛应用于科学研究、石油勘探、气象预报、航天国防、生命基因等传统领域，以及金融、政府、企业、互联网等新兴应用领域。目前，中国在超级计算机系统架构设计方面已经跃升到国际领先水平。但是，由于自主研发的应用软件和具有交叉学科背景人才的缺乏，我国还不能称为高性能计算的强国。

人才培养作为高性能计算发展的要素之一，亚洲超算协会联合浪潮集团共同举办的ASC世界大学生超级计算机竞赛，为高性能计算人才培养搭建了一个很好的平台，这个平台从中国到亚洲、从亚洲到全球，有力地推动了大学生学习和关注高性能计算的兴趣和热情，非常有助于培养和发现各应用领域优秀的高性能计算人才。

希望通过本书的出版，让更多的国内外大学生掌握高性能计算知识，了解超算竞赛的内容和规则，提高参赛者的技能和水平，真正不断地推动国内高性能产业的发展，更为高性能计算领域的人才培养和挖掘提供力量。

郑纬民

清华大学教授，中国计算机学会理事长
ASC世界大学生超级计算机竞赛指导委员会委员

2015年6月10日

三

计算是人类探索未知世界的最重要手段之一。随着研究对象复杂度的增加和人们对提高认识世界的精准度的不懈追求，对计算能力的需求越来越大。在当代社会，一个国家高性能计算（HPC，或称为超算）的能力往往直接代表并影响着其科技水平。历史已经证明，HPC在科学研究、国民经济和社会发展等方面创造的价值无论如何评估也不为过。作为HPC的最大用户之一，石油物探技术的发展长期以来与HPC技术的发展有着紧密的依赖关系，并彼此相互促进，相信在可见的未来依然是这样。

浪潮集团作为民族厂商，以非凡的眼光和魄力，关注应用层面的创新和HPC人才培养，投入巨资参与举办目前全球最大规模的ASC世界大学生超级计算机竞赛，不但宣传了品牌、促进了超算知识的普及、促进了各个国家（地区）之间超算青年人才的交流，而且为企业呈现面临的HPC问题、发现优秀的HPC人才提供了卓越的平台。

祝浪潮集团的HPC事业蒸蒸日上，为推动科学和社会的发展作出更大的贡献！

祝ASC竞赛越办越好，进一步推动中国高性能计算教育与人才的培养！

罗国安

中国石油东方地球物理公司研发中心书记
ASC世界大学生超级计算机竞赛评审委员会委员

2015年6月30日

四

面对人类文明进步中不断出现的巨大挑战性问题，超级计算的作用越来越为人们认识到，在不断战胜挑战、实现科技创新的过程中，对超级计算技术研发和应用人才的培养也愈加受到广泛的关注。ASC世界大学生超级计算机竞赛的建立和发展为促进超算领域的技

术交流、提高超算应用水平和推动超算创新人才的培养提供了一个非常重要的交流和实践的舞台，短短四年的实践证明，它使我国大学生对超级计算的兴趣显著提升，国际视野全面拓展，应用能力极大提高。

期望通过本书的出版，进一步普及超级计算的基本知识、培训超级计算的竞赛技能、提高超级计算的应用水平。吸引更多的大学生学习超算，参加竞赛，成为未来各领域超算应用的优秀人才。相信通过不断的努力，我国不仅能造出世界一流的超级计算机，更能在超算应用领域走在世界的前列。

顾一众

上海交通大学网络信息中心主任

2013年亚洲大学生超级计算机竞赛组织委员会主席

2015年6月14日

五

发挥超级计算机在解决人类重大科学工程问题上的推动作用，不仅需要高性能的硬件系统，更需要能真正发挥出系统性能的应用软件，而要实现这一目标，核心在于超算复合型人才的培养。ASC世界大学生超级计算机竞赛对超算应用创新的鼓励，将加速我国超算人才的培养进程。

ASC竞赛立足超算应用发展和人才培养，鼓励大学生亲自动手，完成超算系统的搭建和前沿应用的架构迁移、并行计算、性能优化等超算全过程，让竞赛成为超算人才培养的“实战课堂”，进而有效缓解我国当前超算软硬实力发展不对称的局面，推动超算真正成为科技创新的基础设施。

“少年强则国强”，将是未来中国成为真正的超算强国不容有失的关键环节。

许跃生

千人计划国家特聘专家

中山大学国华讲席教授

2014年世界大学生超级计算机竞赛组织委员会主席

2015年6月14日

六

ASC世界大学生超级计算机竞赛已成功举办四届，应组委会邀请，我作为气候模拟领域的专家，有幸担任总决赛竞赛呈现答辩环节评委，参加了ASC13和ASC14两届赛事。这是一项集个人智慧与团队力量为一体的精彩赛事，来自世界各国的参赛队伍的蓬勃朝气、团结协作和勇于创新的精神，给我留下了深刻印象。该项赛事对推动我国高校在超算人才培养和超算应用的能力创新等方面，起到了非常积极的作用，已经成为推动超算领域青年领军人才成长的重要平台。

很高兴地看到,在 ASC14 总决赛上,我所在的中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(IAP/LASG)研发的气候海洋模式 LICOM,被选为总决赛的应用算例之一,供各国大学生选手在全球最快的超级计算机“天河二号”上进行并行优化。参赛选手围绕提高 LICOM 并行效率提出的各种优化方案,令人交口称誉。LICOM 是 IAP/LASG 气候系统模式的核心组成部分,气候模拟研究是超算应用领域国际竞争的前沿,ASC 世界大学生超算竞赛将从培养青年超算人才的角度,为提升我国在气候模拟领域的国际竞争力提供基础。

气候模式一直以来是推动高性能计算发展的主要因素。世界上最快的计算机总是最先应用于气候模拟。《自然》在其 2006 年发表的科学计算历史回顾中明确指出,1969 年由美国地球流体实验室(GFDL)研发的世界第一个海洋-大气耦合的气候模式是科学计算领域的一个重要里程碑。气候模式,简言之就是封装了大量物理定律的计算机程序,是对地球系统中物理、化学和生态过程的数学表达。气候模式的研发,需要软件工程师参与开发高效的、可移植的底层程序代码,发展通用软件平台;需要软件工程师和科学家建立开放的网络端口,支持通过网络技术访问模式输出结果;需要硬件工程师维护超级计算设备,为模拟工作提供硬件保障。但是,当前在世界范围内,气候模式研发都面临计算科学和软件工程人力资源不足的问题。美国国家科学院曾分析了美国在 2000~2008 年间获得计算机科学、大气和海洋科学博士学位的人数,结果表明,近十年间获得大气和海洋科学博士学位的人数稳定在每年 600 人左右,而获得计算机科学博士学位的人数,则从 2000 年的不到 800 人,很快增长到 2008 年的约 1700 人,但这其中选择从事气候模拟工作的比例很低。因此,针对气候模拟领域计算科学和软件工程人力资源不足的问题,美国国家科学院在其《国家战略报告》中呼吁美国应该通过多种方式吸引更多的优秀学生从事气候模式发展事业,提高对气候模式发展的社会认知程度和职业发展机会,提供更丰富的激励方式来吸引那些本来可能选择其他行业的软件工程人员(见《推动气候模拟的美国国家战略》第 7 章)。

我国的气候模式发展和模拟研究工作具有很好的基础,但是研究队伍的总体规模和水平较之发达国家尚有差距。当前我国气候模拟领域,同样面临着计算科学和软件工程人力资源不足的严峻问题。随着气候变化及其影响的加剧,减缓和适应气候变化的模拟和预估需求日益增加,这对气候模式提出了更高的要求。气候模式是迄今为止人类发展的最为复杂的计算机模拟工具之一,是理解、预测气候及其变化的基础,是支撑气候变化相关决策的重要工具。气候模式水平的高低,事关国家可持续发展目标的实现,事关我国在国际气候变化谈判中的话语权问题。气候模拟和预测预估,已经成为超算应用领域国际竞争的前沿。青年学子特别是来自超算领域的杰出青年学子,应该有勇气站到这一国际竞争的前沿,为提升我国的国际竞争力贡献自己的聪明才智!

周天军

中国科学院大气物理研究所 LASG 国家重点实验室
地球气候系统模式研发与应用研究创新团队首席科学家
ASC 世界大学生超级计算机竞赛评审委员会委员

2015 年 7 月 1 日

七

ASC 世界大学生超级计算机竞赛作为大学生超算竞技和交流的平台，吸引了越来越多国内外优秀的大学生参与到超算技术的学习和研究中来。学生们通过对比赛的长期准备，自发地学习到了许多超算的相关知识，从而促进了我国对超算人才的培养，推进了我国超算事业的发展。竞赛命题方向瞄准我国及世界尖端超算应用，既有理论拓展的空间，也有实践创新的机会，学生们可以充分发挥自己的潜能，参与到真实的超算项目中来，这也使参赛学生对高性能计算领域有了更深刻的了解和实践，更清楚自己应该学什么、怎么做。

李 明

太原理工大学数学学院院长

2015 年世界大学生超级计算机竞赛组织委员会主席

2015 年 7 月 10 日

八

高性能计算对国家的科学研究进步和产业发展创新起到越来越重要的技术推动作用。应用发展和人才培养是将超算硬件能力充分转化为技术推动力不可或缺的基石。浪潮希望通过 ASC 大学生超级计算机竞赛的举办推广，使更多青年人才能够提前学习了解并热爱超算科技，推动超算应用得到重视投入和长期健康发展，从而更好地发挥超级计算机的作用，使之更好地服务于各项科学研究和业务应用。

刘 军

浪潮集团高性能计算总经理

ASC 世界大学生超级计算机竞赛组织委员会委员

2015 年 6 月 15 日

前 言

超级计算是信息领域的前沿高新技术。随着信息化社会的飞速发展，人类对信息处理能力的要求越来越高，超级计算已在石油勘探、气象预报、航天国防、科学研究等领域得到广泛应用，金融、企业、基因、深度学习等新兴应用对超级计算的需求也在迅猛增长。目前，百亿亿次级别的超级计算机构建已提上研究日程，人们正期待采用超算解决更大规模和更复杂的挑战性问题。

2015年11月，由中国研发的天河二号在全球最快超级计算机排行榜 Top500 实现了六连冠，峰值计算性能达到 55Pflops。超级计算机在硬件技术方面不断取得突破，但适合大规模超算的应用以及专业人才的欠缺，已成为超级计算发展的瓶颈。应用是超算发展的根本动力，正是各行各业对计算不断增长的需求推动着超级计算技术的持续进步。当前提高并行规模仍然是提高性能的主要手段，能否发掘和提升应用的并行性，成为有效利用大规模超算系统的关键。而发掘和提升应用并行性，也要依赖超算人才对应用的理解和开发。我们在超级计算的普及传播、相关人才的培养储备等方面还有很多工作要做。

为了推进超算科技更好普及发展，特别是在高等学校中广泛传播超算知识，吸引大学生对其感兴趣并加以学习，浪潮集团联合亚洲超算协会于 2012 年举办中国大学生超级计算机竞赛、于 2013 年举办亚洲大学生超级计算机竞赛、于 2014 年开始每年举行 ASC 世界大学生超级计算机竞赛。目前 ASC 已成为与 ISC、SC 并列的具有全球影响力的大学生超级计算机竞赛，在世界范围获得了大学生们的关注和各高校的积极参与。但师生们普遍反映目前还缺少一本深入浅出的好书来系统地介绍如何参与超算竞赛并学习提高。

为了填补该空白，亚洲超算协会联合浪潮集团邀请国内外超算领域的专家、ASC 竞赛参赛队代表等联合撰写了本书。

关于本书

本书分为学习篇、竞赛篇和进阶篇三大内容。学习篇引领读者理解超级计算机及其系统架构、评测方法等，打好竞赛篇和进阶篇的理论基础。竞赛篇详细介绍了 ASC 世界大学生超算竞赛及规则，进阶篇介绍了 ASC 初赛和决赛精选赛题及其解析和优化方法等。

学习篇第 1 课介绍了超级计算机的意义、架构分类和目前发展遇到的挑战。第 2 课阐述了超级计算系统构建的一般原则，包括系统的组成结构、如何构建性能均衡的高效能计算系统，以及如何对它进行管理和调度。第 3 课介绍了超算系统的网络环境及在高性能计算中的应用。第 4 课介绍了如何构建超级计算应用运行环境，包括硬件环境、软件环境和开发环境，同时也介绍了异构系统的应用环境配置方法。第 5 课介绍了超级计算系统的综合评测体系，对高效能计算系统硬件性能的评测方法，对应用性能的评测方法和预测方法做了结构性的说明。

竞赛篇第 6 课和第 7 课介绍了世界三大超级计算赛事 ASC、ISC、SC，第 8 课以 ASC14 竞赛为例详细解析了 ASC 世界大学生超级计算机竞赛的规则。

进阶篇第9课详细介绍了参加竞赛的初赛方案如何组织撰写，最后五课则以实际举例分别介绍了如何针对ASC的赛题进行分析优化，以及如何针对众核优化赛题进行算法分析和并行优化。

本书全面介绍了大学生超级计算竞赛，结构清晰，条理清楚，对有志于学习和研究超级计算的高校大学生很有裨益。

致谢

本书编写组成员有吕文静、林新华、王涓巍、刘通、袁国兴、姚继峰、Wong Foo Lam、沈立、Jerry Chou、刘晓峰、文敏华、赫洁、金莲、刘羽、陈博文、张清、沈铂、王泽寰、张建峰、吉青等。

负责编写每课内容的作者分别是：第1课林新华，第2课王涓巍，第3课刘通，第4课张清、沈铂、王泽寰，第5课袁国兴、姚继峰、刘羽，第6、7课赫洁、吉青，第8课吕文静、金莲、陈博文，第9课Wong Foo Lam，第10、11课沈立，第12课Jerry Chou，第13课刘晓峰、张建峰，第14课文敏华。

对于本书的编写工作，各位作者付出了极大的心血和努力，将自己从业多年积累的超算知识和经验整理归纳，共同完成了此书。在此对所有的作者表示衷心的感谢！

《超算竞赛导引》编写组

目 录

序一

序二

序三

寄语

前言

第一篇 学 习 篇

第 1 课	超算的发展与应用	1
1.1	为什么要研究超算	1
1.2	超算的发展与架构分类	4
1.2.1	超级计算机的发展	4
1.2.2	超级计算机系统的架构分类	5
1.2.3	超级计算机的发展趋势	7
1.2.4	异构并行技术的兴起与发展	7
1.3	超算应用的现状和挑战	9
1.3.1	超级计算的应用现状	10
1.3.2	超级计算应用的挑战	12
第 2 课	超算集群系统的构建及功耗管理	14
2.1	超算集群系统的组成	14
2.2	超算集群功耗监控与管理	18
2.3	构建性能均衡的超算系统	20
2.3.1	性能均衡的超算系统	20
2.3.2	如何管理高效能计算系统	21
2.3.3	监控管理	22
2.3.4	作业调度	23
2.3.5	十亿次级别高效能计算系统构建	24
第 3 课	超算系统的网络通信	29
3.1	InfiniBand 技术概要	29
3.2	InfiniBand 在 HPC 中的应用现状	31

3.3	InfiniBand 技术核心——RDMA	33
3.3.1	RDMA 的技术简介	33
3.3.2	RDMA 的技术核心	34
3.4	基于 InfiniBand 的 HPC 应用优化	36
3.5	InfiniBand 加速云计算与大数据	42
第 4 课	超算系统的应用环境	45
4.1	CPU 并行系统应用环境	46
4.1.1	硬件环境	46
4.1.2	软件环境	47
4.1.3	开发环境	48
4.2	CPU+MIC 异构并行系统应用环境	51
4.2.1	硬件环境	51
4.2.2	软件环境	51
4.2.3	开发环境	52
4.2.4	资源	54
4.3	CPU+GPU 异构并行系统应用环境	54
4.3.1	硬件环境	54
4.3.2	软件环境	54
4.3.3	开发环境	55
4.3.4	资源	58
第 5 课	超算系统性能评测方法	59
5.1	超算系统性能评测现状	59
5.1.1	系统性能测评的意义和挑战	59
5.1.2	系统性能测评的度量和主要内容	60
5.1.3	系统性能测评步骤及方法	62
5.2	高性能计算系统性能测评现状及方法	63
5.2.1	主要测试程序及应用	64
5.2.2	高性能计算系统排行榜	70
5.3	超算应用特征分析与监测工具	71
5.3.1	应用特征数据提取	71
5.3.2	应用特征分析——实验归纳	73
5.3.3	应用特征分析——理论预测	76
5.3.4	应用特征监控工具——天眼	78

第二篇 竞赛篇

第 6 课	世界大学生超级计算机竞赛介绍	83
--------------	-----------------------------	-----------

6.1	ASC 世界大学生超级计算机竞赛	83
6.1.1	历史沿革	83
6.1.2	参赛团队	83
6.2	ISC 国际大学生超级计算机竞赛	88
6.2.1	历史沿革	88
6.2.2	参赛团队	89
6.2.3	特点及发展趋势	93
6.3	SC 国际大学生超级计算机竞赛	93
6.3.1	历史沿革	93
6.3.2	参赛团队	94
6.3.3	特点及发展趋势	96
第 7 课	ASC 世界大学生超级计算机竞赛历史与展望	97
7.1	2012 年中国大学生超级计算机竞赛	97
7.1.1	首次进入中国的国际赛事	97
7.1.2	大赛进展	97
7.1.3	大赛三要素：在校大学生、国际接轨、实用技能	97
7.2	2013 年亚洲大学生超级计算机竞赛（ASC13）	98
7.2.1	ASC13 定位及宗旨	98
7.2.2	大赛的赛制、赛程与组织架构	98
7.2.3	进入 ASC13 的十强	99
7.2.4	评审委员会对参赛高校的综合评价	99
7.3	2014 年世界大学生超级计算机竞赛（ASC14）	100
7.3.1	82 所世界高校同台竞技，创历史之最	100
7.3.2	全球超算专家云集	100
7.3.3	初赛：四大赛题遴选超算精英	101
7.3.4	决赛：七大赛题挑战智慧极限	102
7.3.5	黑马异军突起	102
7.3.6	e Prize 计算挑战奖激励全球超算天才	102
7.4	2015 年世界大学生超级计算机竞赛（ASC15）	103
7.4.1	六大洲 152 支参赛队，再创历史新高	103
7.4.2	全球超算专家云集	103
7.4.3	初赛：从分子到宇宙的“两极”考验	104
7.4.4	决赛赛题：紧贴应用	105
7.4.5	汇聚全球青年精英，挑战宇宙级“难题”	105
7.4.6	总决赛设 25 万大奖	105
7.4.7	《三体》作者刘慈欣“出现”在总决赛闭幕式	106
第 8 课	ASC 世界大学生超级计算机竞赛规则解析	107

8.1	详细解析 2014 年世界大学生超级计算机竞赛初赛规则	107
8.1.1	初赛介绍	107
8.1.2	初赛规则解析	107
8.1.3	初赛规则总结	109
8.2	详细解析 2014 年世界大学生超级计算机竞赛决赛规则	109
8.2.1	决赛介绍	109
8.2.2	决赛规则解析	109
8.2.3	决赛规则总结	112

第三篇 进阶篇

第 9 课	竞赛方案	113
9.1	简介	113
9.2	组队	113
9.3	基本条件	114
9.4	培训	114
9.5	硬件培训	115
9.6	竞赛方案	115
9.6.1	章节结构	115
9.6.2	图表的呈现	115
9.6.3	其他部分	116
9.6.4	高性能计算活动简介	116
9.6.5	硬件设计与能效	117
9.6.6	(HPL) LINPACK 测试	118
9.6.7	应用软件	118
9.6.8	配置文档	118
9.6.9	代码优化	121
9.7	项目书任务分配	121
9.8	总结	121
第 10 课	竞赛集群的设计与建设	123
10.1	集群的结构	123
10.2	集群的性能和功耗	124
第 11 课	系统浮点性能测试 HPL 优化方案	125
11.1	HPL 简介	125
11.2	安装与测试	126
11.3	常用的 HPL 优化方法	129
11.3.1	修改配置参数	129