

Development Report on National
High Performance Computing Environment

国家高性能计算环境 发展报告

—— (2002—2017年) ——

迟学斌 等 编著



国家高性能计算环境发展报告 (2002—2017 年)

迟学斌 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

高性能计算水平体现一个国家的科技综合实力,是国家创新体系的重要组成部分,是发达国家争夺的战略制高点。本书全面阐述国家高性能计算环境(中国国家网格),共分4篇。综述篇重点介绍发展历程与国际类似环境;计算资源与技术篇详细介绍超级计算基础设施和核心技术;应用与成果篇介绍4个应用社区和100个典型应用成果案例以及入围戈登·贝尔奖的5个应用;评价与展望篇介绍我国首次提出的高性能计算环境发展水平综合评价指标体系并进行综合评价,对未来发展提出设想。

本书可作为从事高性能计算行业的科研工作者与管理人员的参考资料,也可作为高等院校并行计算专业的本科生或研究生的选修教材,也能为关注高性能计算发展的各界人士提供有益的参考。

图书在版编目(CIP)数据

国家高性能计算环境发展报告(2002—2017年)/迟学斌等编著. —北京:科学出版社,2018.12

ISBN 978-7-03-060345-6

I. ①国… II. ①迟… III. ①高性能计算机-研究报告-中国-2002—2017 IV. ①TP38

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第299274号

责任编辑:余 丁 / 责任校对:张凤琴

责任印制:师艳茹 / 封面设计:蓝 正

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年12月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018年12月第一次印刷 印张:22 3/4

字数:427 000

定价:148.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

专家委员会

(按姓氏拼音首字母顺序)

主 任

钱德沛 北京航空航天大学教授、国家重点研发计划“高性能计算”重点专项总体组组长

副主任

桂文庄 研究员，曾任中国科学院高技术研究与发展局局长

廖方宇 中国科学院计算机网络信息中心主任、研究员

委 员

陈明奇 中国科学院网络安全和信息化领导小组办公室副主任

冯圣中 中国科学院深圳先进技术研究院研究员

郭兆电 中国航空工业集团公司第一飞机设计研究院副总设计师、研究员

金 钟 中国科学院计算机网络信息中心研究员

卢宇彤 中山大学国家超级计算广州中心主任、教授

陆忠华 中国科学院计算机网络信息中心副总工程师、研究员

谢向辉 国家并行计算机工程技术研究中心研究员

杨广文 国家超级计算无锡中心主任、清华大学教授

于坤千 中国科学院上海药物研究所研究员

张林波 中国科学院数学与系统科学研究院科学与工程计算国家重点实验室主任、研究员

《高性能计算环境发展水平评价体系》顾问名单

(按姓氏拼音首字母顺序)

陈明奇	中国科学院网络安全和信息化领导小组办公室副主任
董小社	西安交通大学教授
杜云飞	中山大学国家超级计算广州中心总工程师、教授
冯圣中	中国科学院深圳先进技术研究院研究员
高 亮	中国科学院国家天文台研究员
金 海	华中科技大学教授
李根国	上海超级计算中心副主任
李 京	中国科学技术大学教授
李 隽	清华大学教授
李肯立	湖南大学国家超级计算长沙中心主任、教授
刘晓东	中国科学院计算机网络信息中心信息化评估主管
卢宇彤	中山大学国家超级计算广州中心主任、教授
陆忠华	中国科学院计算机网络信息中心副总工程师、研究员
栾钟治	北京航空航天大学副教授
罗红兵	北京应用物理与计算数学研究所研究员
王 斌	中国科学院大气物理研究所研究员、清华大学教授
王卓立	香港大学教授
魏宇杰	中国科学院力学研究所副所长、研究员
肖海力	中国科学院计算机网络信息中心研究员
肖景发	中国科学院北京基因组研究所研究员
杨广文	国家超级计算无锡中心主任、清华大学教授
张林波	中国科学院数学与系统科学研究院科学与工程计算国家重点实验室主任、研究员
张云泉	国家超级计算济南中心主任、中国科学院计算技术研究所研究员
者建武	甘肃省计算中心主任
朱维良	中国科学院上海药物研究所研究员

编写委员会

(按姓氏拼音首字母顺序)

主 任

迟学斌 中国科学院计算机网络信息中心副主任、研究员

副主任

刘丽萍 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师

王彦桐 中国科学院计算机网络信息中心研究员

统 稿

刘丽萍 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师

孔丽华 《科研信息化技术与应用》《中国科学数据》期刊编辑部主任

王小宁 中国科学院计算机网络信息中心副研究员

委 员

邓笋根 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师

杜云飞 中山大学国家超级计算广州中心总工程师、教授

房俊明 中国科学院成都文献情报中心研究员

付昊桓 清华大学副教授

郭 猛 国家超级计算济南中心工程师

胡永宏 中央财经大学教授

管晓东 国家超级计算天津中心高级工程师

金能智 甘肃省计算中心副研究员

冷 灿 湖南大学国家超级计算长沙中心工程师

李会民 中国科学技术大学高级工程师

李根国 上海超级计算中心副主任

栾钟治 北京航空航天大学副教授

刘 倩 中国科学院计算机网络信息中心副研究员

刘国罡 国家超级计算深圳中心工程师

卢莎莎 中国科学院计算机网络信息中心工程师

孙 贺 吉林省计算中心高级工程师

钱 芳 国家超级计算无锡中心工程师

秦 晨 中央财经大学在读硕士研究生

王 洋 吉林省计算中心工程师

王小宁 中国科学院计算机网络信息中心副研究员

王一超 上海交通大学工程师

肖海力 中国科学院计算机网络信息中心研究员

张 鉴 中国科学院计算机网络信息中心研究员
张武生 清华大学副教授
朱正东 西安交通大学研究员
赵一宁 中国科学院计算机网络信息中心助理研究员

数据采集

柴芳姣 中国科学院计算机网络信息中心工程师
邓笋根 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师
冯景华 国家超级计算天津中心高级工程师
和 荣 中国科学院计算机网络信息中心工程师
寇大治 上海超级计算中心高级工程师
刘 芳 中国科学院计算机网络信息中心副研究员
牛 铁 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师
陈 健 北京并行科技股份有限公司总经理
杜云飞 中山大学国家超级计算广州中心总工程师、教授
龚 斌 山东大学教授
郭 猛 国家超级计算济南中心工程师
金能智 甘肃省计算中心副研究员
冷 灿 湖南大学国家超级计算长沙中心工程师
李根国 上海超级计算中心副主任
李会民 中国科学技术大学高级工程师
林 皎 清华大学工程师
刘 军 浪潮集团有限公司 AI 与高性能产品部总经理
刘丽萍 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师
罗红兵 北京应用物理与计算数学研究所研究员
王多强 华中科技大学副教授
王彦桐 中国科学院计算机网络信息中心研究员
王 洋 吉林省计算中心工程师
韦建文 上海交通大学工程师
魏彦杰 中国科学院深圳先进技术研究院副研究员
邬 鸿 国家超级计算深圳中心工程师
袁 良 中国科学院计算技术研究所助理研究员
张 健 国家超级计算天津中心工程师
张武生 清华大学副教授
张兆瑞 香港大学在读博士生
赵 毅 中国科学院计算机网络信息中心高级工程师
赵芸卿 中国科学院计算机网络信息中心工程师
朱正东 西安交通大学研究员

序 言 一

计算模拟是继理论分析、实验观察之后人类研究客观世界的第三种手段。自世界上第一台计算机问世以来,计算在科学研究、经济建设、社会发展中起着不可替代的作用。以超级计算机的发展和应用为代表的高性能计算更是人类解决能源、材料、环境、健康等方面所面临的重大挑战性问题利器,其基础性、前沿性、前瞻性的特点决定了它是世界主要发达国家激烈竞争的战略制高点。

中国高性能计算的发展得到了国家科技计划的持续支持。863 计划在高性能计算方面的支持可以追溯到 20 世纪 90 年代初。在充分分析国内的需求和世界技术走向的基础上,863 计划智能计算机主题果断地将研究重点从智能计算机转向并行计算机,也即高性能计算机。这一战略转变的成果是诞生了曙光系列高性能计算机,也催生了曙光公司这样致力于科研成果产业化的高技术企业。20 世纪 90 年代中后期,为了更好地推动高性能计算应用,促进资源共享和协同工作,863 计划又将研究重点从单台高性能计算机转向基于互联网的国家级高性能计算环境。从 1998 年起,863 计划连续实施了一个重大课题和三个重大专项,不仅使我国超级计算机的性能从 10 亿次级发展到 10 亿亿次级,而且建立了我国高性能计算的基础设施,研发了一批领域和行业的高性能计算应用,使我国高性能计算领域从跟踪走向领先,实现了伟大的历史性转变。

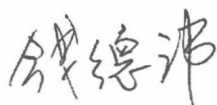
今天,我们又站在一个新的历史转折点。中国和世界发达国家之间曾经的合作共赢关系正在悄悄发生变化,高强度的竞争可能成为未来一段时间的主旋律。依托自主可控技术发展我国的高性能计算机,构建基于自主技术的高性能计算应用生态环境,切实拓展超级计算机的应用面,提高应用水平,使高性能计算在创新型国家建设过程中发挥更大的作用,这是新的历史时期提出的新的挑战。温故知新,只有认真回顾历史,总结经验,才能更好地面向未来。这是该书的目的。

该书全面介绍了我国国家高性能计算环境即中国国家网格的发展历程。像一个孩子成长一样,国家高性能计算环境经历了孕育、诞生、成长到基本成熟的过程,历时 20 年之久。今天,初具规模的国家高性能计算环境汇聚了我国最重要的计算资源,由 19 个高性能计算结点组成,整合了这些结点的计算能力和软件资源,聚合的优质计算资源超过 200PFlops,居世界同类环境的领先地位,这是我国高性能计算领域几代科技工作者辛勤耕耘的丰硕成果。特别值得欣慰的是,高性能计算已经从少数科学家关心的阳春白雪式技术和工具,变成渗透到我国经济和社

会发展方方面面的基础性技术。该书汇编了我国 100 个典型的高性能计算应用成果案例，并从作业规模和应用领域两个维度对这些案例做了分析，这在国内尚属首次。学习这些案例，既有助于读者了解昔日曲高和寡的高性能计算如何飞入寻常百姓家，也能启发读者在自身领域开拓新的应用。

国家高性能计算环境的研发正在催生我国的计算服务业，要把计算力的供应变成像水和电一样的社会基础设施性服务，必须不断探索计算环境的运营新模式和运行新机制，走出中国高性能计算服务业的新路。该书开创性地建立了国家高性能计算环境发展水平综合评价指标体系，用于对国家高性能计算环境及高性能计算应用进行综合评价，力求为国家相关部门在科研布局、基础设施建设和应用规划方面的决策提供参考和科学依据。该项工作要坚持做下去，通过长期跟踪与评价，必将对我国高性能计算技术的进步和计算服务业的发展产生深远的影响。

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越”。过去 20 年，中国高性能计算走了一条超常发展的道路，我们在 20 年里走完了别人 30 年甚至 40 年所走过的路。但是我们也要清醒地看到，这只是万里长征第一步。与欧美发达国家相比，我们在基础研究的深度与广度、核心关键技术的自主可控、应用的普及程度以及高素质人才的数量上仍然存在很大的差距，构建自主可控的高性能计算环境任重道远。我们必须以只争朝夕的精神，虚心学习世界上一切先进的技术，努力发展中国自己的核心技术，探索有中国特色的高性能计算可持续发展道路，让高性能计算为更多的行业和领域服务，真正造福于人民大众。



北京航空航天大学教授，国家重点研发计划“高性能计算”重点专项总体组组长

2018 年 12 月于北京

序 言 二

作为曾经在中国科学院超级计算领域奋战过的一名老兵，收到该书的书稿，读后十分感慨。我国超级计算发展的情景历历在目：我国从事超级计算研究的同行们，在 863 计划的支持下，经过不懈努力和奋斗，克服了无数困难，终于收获了今日的辉煌。我国的高性能计算领域已经跻身世界前列，作为现代社会重要科技基础设施的高性能计算环境已经为我国科技发展、经济建设和国防建设发挥了不可取代的重要作用。

回顾 30 多年前，我国超级计算在相当落后的条件下起步。1981 年我赴美留学，看到美国先进的计算机设备，实验室里就可以用到每秒百万次运算能力的工作站，通过网络就可以使用远端的亿次超级计算机，我国的访问学者很多人都在用。1985 年我回到中国科学院计算中心，我们只有两台每秒 100 万次的计算机 IBM4341 和 IBM4331 供研究使用，中国科学院研制的每秒 200 万次的计算机 013 是一台单用户机，专为特定用户使用。

很快，个人电脑兴起，国外的计算机涌入我国，我国自主研制计算机基本停滞了。但是国外卖给我们的计算机的性能受到严格限制，高端产品不卖给我们。我们都还记得，我国为石油物探引进的计算机仅有每秒数百万次运算能力，合同中规定机器要放在隔离的房间，中国人不许入内操作，真是难忘的耻辱！

1987 年，原中国科学院计算中心主任、我国计算数学泰斗冯康先生发表文章《科学计算是科学的第三手段》，明确提出“科学计算”是科学研究的基本手段，是继“科学实验”“理论分析”之后的“第三手段”。他和著名的应用物理与计算数学的先驱周毓麟院士一同向时任国务院总理李鹏同志汇报了加强科学工程计算的建议。

1988 年，国家批准中国科学院牵头利用世界银行贷款项目建设“中关村教育与科研示范网(NCFC)”，同时在中国科学院计算中心建设“科学与工程计算国家重点实验室”，需要引进一台高端计算机，但是因为禁运限制，拖了许多年。我当时配合冯康先生负责实验室的建设，经过考察，鉴于出口限制，我们只能引进一批当时性能较高的工作站(每秒数百万次)。直到 1996 年，我们才引进了 SGI 的 Power Challenge XL 计算机(6GFlops/16CPU/2GB 内存/150GB 硬盘)。而当时国外的高端计算机运算速度已经达到每秒几百亿次。

直到 21 世纪初，在 863 计划的支持下，我国高性能计算机的研制取得了重

大进展。与此同时,中国科学院设立了信息化建设专项,大幅度加强了对科研信息化基础设施建设的支持。2000年中国科学院超算中心装备了863计划支持研制的“曙光2000”(200GFlops),2004年装备了863计划支持研制的“深腾6800”(4TFlops),2009年装备了“深腾7000”(100TFlops),目前装备的是千万亿次超级计算机“元”。虽然由于中国科学院的规划问题,目前超算中心装备的不是国内最强大的超级计算机,但是从它的发展历程看,仍然体现了我国超级计算机的重大进步,对促进中国科学院乃至全国科学计算的发展起到了重要支撑作用。

中国科学院于20世纪90年代初成立科学与工程计算国家重点实验室,1994年改组原中国科学院计算中心,成立计算数学研究所(现归属中国科学院数学与系统科学研究院),1996年在中国科学院计算机网络信息中心建立中国科学院超级计算中心,都表明中国科学院把科学计算作为一个重要的学科方向。

2000年之后,中国科学院在知识创新工程中设立了信息化建设专项,明确了信息化包括科研活动信息化和科研管理信息化两部分。科研信息化对科学技术发展具有革命性影响,科研活动信息化的水平是国家核心竞争力和科学技术水平的重要标志之一;大型科学计算水平是提高我国科研能力的关键之一,是我国科研走向世界一流的重要条件;超级计算和科学数据库作为科研信息化基础设施起着关键作用,在信息化建设规划中对其进行了全面部署和长期支持。对于中国科学院信息化建设,863计划高性能计算专项起到了重要支持作用。

中国科学院一直高度重视高性能计算,配合国家科技计划并且紧密结合自身科研应用的需要,做了许多工作:

① 20世纪90年代,配合863计划,依托中国科学院计算技术研究所建设了国家智能计算机研究开发中心,开始了高性能计算机“曙光一号”的研制。这对后来曙光系列高性能计算机的发展和产业化,以及曙光公司的诞生和发展起到了关键作用。目前曙光公司已成为我国高性能计算机领域的领军公司。

② 从21世纪初开始,配合863计划和国家重大专项,持续支持了龙芯CPU的研制和发展,龙芯已成为我国目前主要国产CPU种类之一,得到重要应用。

③ 结合学科重要应用,支持研制了结合计算生物学、气候变化、过程工程多尺度计算等方面的高性能计算机及其应用软件。这在一定程度上配合了863计划的前期预研工作。

④ 在国内最早支持研制高性能GPU计算机,促进了GPU在我国科学计算领域的应用,对后来我国发展起来的CPU+GPU异构超级计算机有一定推动和借鉴作用。

⑤ 支持863计划在中国科学院计算机网络与信息中心建立了中国国家网络

主结点和运行中心，配合建立超级计算创新联盟，推动我国超级计算的产学研用全生态链可持续发展。

⑥ 把超级计算作为科研信息化建设的主要内容之一，在中国科学院信息化规划专项中给予持续重点支持。一是支持中国科学院超级计算中心的运行环境建设，包括硬件购置(主要来源于 863 计划的研制项目)、网格环境和后来的超级云计算环境建设；二是支持超级计算的基础并行软件和算法的研发；三是支持大型科学计算在各科学领域的应用算法及软件的研发，大力推动各学科领域的 e-Science 应用。

该书收集了大量翔实的资料，全面、客观、真实地反映了我国高性能计算环境发展的整体概况，同时开创性地建立了国家高性能计算环境发展水平综合评价指标体系，对国家高性能计算环境及超级计算应用进行综合评价，是第一部反映我国高性能计算环境发展的综合性报告。

该书牵头作者迟学斌研究员是冯康先生 1986 年招收的博士生，是中国首批毕业的并行计算方向博士研究生。1989 年博士毕业以后，他就留在中国科学院计算中心从事超级计算技术与应用方面的研发，30 余年一直致力于发展我国超级计算技术与应用。我有幸作为他的第二博士生导师，看着他从当初编写第一行并行程序代码的年轻学子，成长为中国科学院超级计算技术研发的学科带头人和国家 863 计划“高效能计算机及应用服务环境”重大项目总体专家组成员。现在他是中国科学院计算机网络信息中心副主任、中国国家网格运行管理中心主任、中国计算机学会高性能计算专业委员会副主任。他直接主持了国家高性能计算环境的建设和发展工作，亲身经历了 30 多年来我国高性能计算环境建设的全过程，由他来牵头完成该书是非常合适的。

我很乐意推荐该书，相信读者能从该书获得自己感兴趣的知识信息，也相信该书能够有助于我国高性能计算环境的进一步发展。

桂文庄

研究员，曾任中国科学院高技术研究与发展局局长

2018 年 12 月于北京

序 言 三

高性能计算领域同行迟学斌研究员将书稿发给了我,浏览之后感到非常高兴!

这是我国第一部国家高性能计算环境发展综合性报告,全面、客观、真实地反映了我国高性能计算环境发展的整体概况。同时,该书开创性地建立了国家高性能计算环境发展水平综合评价指标体系,并依此对国家高性能计算环境及超级计算应用进行了综合评价,对态势进行了分析,对未来的发展提出了设想。

高性能计算机也叫做超级计算机,顾名思义就是具备高性能计算能力的机器系统,与普通的计算机在体积、复杂度、解决问题规模与速度等方面都有本质的区别,是高性能计算机领域的“珠穆朗玛峰”。

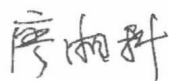
高性能计算机一直以来被认为是阳春白雪,最重要的原因就是其起源于科学研究与工程计算应用,使用门槛高。随着我国经济实力日益增强,高性能计算机快速发展,越来越多的应用领域需要使用高性能计算机,其“神机妙算”之功力越来越得到公众的认可与信赖,特别是随着人工智能浪潮的到来,高性能计算应用需求愈加强烈。

在超级计算领域有句众所周知的名言“造机器难,用好机器更难!”

我参与了天河系列多台超级计算机的研制,对研制超级计算机之难心中有数。建设高性能计算应用服务环境就是为了降低应用门槛,让更多想使用高性能计算机的用户能便捷使用。通过软件和网络联通分布在各地的超级计算机,形成一张由超级计算机为节点的网络,用户登录该网络就可以便利地使用超级计算机,如同大家使用电力那样方便,这是我们造超级计算机和用超级计算机的群体的共同期待。从起初的中国国家网格到现在的国家高性能计算环境建设,都是在为实现“降低超级计算应用门槛”和“用好超级计算机”的目标而努力。

感到欣喜的是,经过 10 多年的不懈努力,在国家 863 计划和国家重点研发计划的相继支持下,中国的高性能计算环境从无到有,高性能计算应用规模从十几核发展到数百万核,并实现戈登·贝尔奖零的突破,中国高性能计算应用取得了长足进步。中国国家网格从起步正在步入可实际应用的国家高性能计算环境,将成为国家高性能计算服务基础设施,通过提供高效、优质的高性能计算技术与应用服务,打造中国高性能计算可持续发展生态链。

我非常高兴推荐该书，相信读者通过阅读会获得一些启发。

A handwritten signature in black ink, reading '肖雨山' (Xiao Yushan).

中国工程院院士，国防科技大学计算机学院院长

2018年12月于长沙

序 言 四

计算已经成为重要的社会生产力,成为衡量社会 and 经济发展水平的关键指标之一。

该书引起了我的几个思考,和读者分享如下:

第一,高性能计算发展的性能指标与应用的关系。我国高性能计算发展相比西方国家要晚一点,但最近 20 多年,通过我国科研工作者不断的努力与付出,“天河一号”“天河二号”“神威·太湖之光”等相继拿到了世界第一。然而应用层面一直是我国超算发展的一个痛点,发展方向应该回归到应用,因为超级计算还是要面向应用的。国家层面要以应用为引导,国家相关部委及企业应该建立联合应用基金,以满足应用,引领应用,来推动高性能计算产业化、技术发展和学术研究。

第二,研究与产业。我国的高性能计算产业相比西方国家整体上也是有差距的。从一开始我国的高性能计算机研究与产业就是两条线,而西方国家是一条线。就好比西方国家的高性能计算机的山峰是在山脉里面的,而我国的山峰是在海洋里面的。那么这种模式是否也需要引起我们的思考?我国把山峰建在海洋里面,研究和产业是两条线,单纯依靠国家财政支出去支撑一两台峰值计算机,这对于高性能计算机持续健康发展是不利的。第一的领先技术不能转化为产业竞争力,也就不能得到产业发展带来的持续支撑。这应当是需要去改变的方面。

第三,守正与创新。科技日新月异,云计算、物联网、人工智能等各种新技术层出不穷。我们所处的信息社会、智能社会的支撑就是计算。最初计算机的诞生就是面向科学计算的,而今天我们是否应当去深入思考高性能计算与其他计算是什么关系,高性能计算的本源是什么?首先要守正,不忘初心,要在解决重大科学问题上持续发力。同时要结合这些新的技术发展需求去思考高性能计算新的应用领域。比如云计算,能够满足一些高性能计算的需求,但云计算不等于高性能计算。目前,人工智能计算快速发展,高性能计算能够为人工智能计算提供支撑,但人工智能计算不等于高性能计算。所以关于高性能计算的守正与创新,也是需要大家共同思考的问题。



中国工程院院士

2018 年 12 月于北京

前 言

回顾过往，“十五”期间，在 863 计划支持下，中国国家网格诞生了！从此开始，历经“十一五”“十二五”积极探索，在“十三五”伊始，中国国家网格继续得到科技部国家重点研发计划专项支持，中国高性能计算人不忘初心，携手前行，取得了可喜的成绩。作为国家高性能计算环境的重要组成部分，一代代标志性的超级计算机“深腾”“星云”“天河一号”“神威蓝光”“天河二号”“神威·太湖之光”等相继面世，其中“天河一号”和“天河二号”以及“神威·太湖之光”自 2010 年开始至今共计 11 次位居世界超级计算机 Top500 榜首！更为可喜的是实现被誉为世界高性能计算应用领域最具标志的戈登·贝尔奖设立 29 年以来中国获奖零突破，并于 2016 年和 2017 年连续两次获此殊荣。中国高性能计算技术与应用已经跻身国际先进行列。截至 2017 年年底，国家高性能计算环境已聚合计算资源超过 200PFlops，总存储资源超过 167PB，各类科研用户账号万余个，应用涵盖科学计算和工程仿真领域的几乎所有学科方向和应用种类，国家高性能计算环境已经由探索步入实际应用服务新征程。

本书是国家重点研发计划“高性能计算”专项“国家高性能计算环境服务化机制与支撑体系研究”项目的成果之一。作为一本综合性报告，力图全面、客观、真实地反映我国高性能计算环境发展的整体概况。同时，书中介绍了国家高性能计算环境发展水平综合评价指标体系，对国家高性能计算环境及超级计算应用进行了综合评价。

本书包括以下四方面的内容：

第一篇，综述篇。该篇介绍了我国高性能计算行业概况，对国家高性能计算环境发展历程进行了回顾，并对国际发展态势进行了跟踪介绍。

第二篇，计算资源与技术篇。该篇对国家高性能计算环境中的核心组成部分——超级计算基础设施进行了介绍，同时重点讲述了国家高性能计算环境中的核心技术，包括资源聚合与调度技术、计算服务化客户端技术、资源监控与运维技术、环境安全保障、环境运行与服务支撑等五个方面。

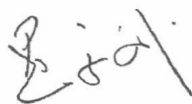
第三篇，应用与成果篇。该篇介绍了国家高性能计算环境的重点应用成果，包括 4 个应用社区和典型应用成果案例，其中典型应用成果案例从应用领域和作业规模两个维度进行收集与整理，最后精选出最具代表性的 100 个应用成果案例。同时，专门介绍了入围戈登·贝尔奖的 5 个应用。这些案例生动地呈现了我国在

不同应用领域的现状与水平。

第四篇，评价与展望篇。该篇介绍了我国首次提出的高性能计算环境发展水平综合评价指标体系，并依此对国家高性能计算环境及超级计算应用进行了综合评价，并对未来的发展提出了设想，对态势进行了分析。

希望本书成为读者了解中国高性能计算环境与应用发展的一个窗口，成为超级计算机硬件研制、软件研发和领域及行业应用之间加深彼此了解的一个媒介，成为激发青年学子对高性能计算领域产生兴趣的一种催化剂。希望本书能为奋战在我国高性能计算研发第一线的科研工作者以及关注高性能计算的各界人士提供有益参考，能为国家相关部门提供高性能计算发展的科学依据和决策支撑。

大鹏之动，非一羽之轻也；骐骥之速，非一足之力也。在本书编撰过程中，我们得到了科技部相关领导和业界众多专家的指导与帮助，在此表示最衷心的感谢。由于涉及众多单位，专业性强，数据量大，统计来源、数据选取和统计时段各有侧重，因此数据统计分析和统稿工作困难重重。虽然编写团队殚精竭虑，但是疏漏之处在所难免，希望读者批评指正，以便有机会予以完善。



中国科学院计算机网络信息中心研究员

2018年4月于北京