

## 改革开放四十周年纪念特刊·科技巨变

# 从跟跑到领跑,冲刺百亿亿次级计算机 中国超算,问鼎世界之巅

本报记者 高博

要论当今“计算力”最强的国家,唯有中美两国够格。改革开放以来,中国极其重视超级计算机研发,水平不断攀升。如今,中国常常占据世界超级计算机榜单的“头把交椅”,“Made in China”的超算机数量也遥遥领先其他国家。“天河”“天河”“神威”“曙光”成了传奇。

### 光影档案



1997年,“天河-III”百亿亿次巨型计算机研制成功。



2008年,科研人员正在组装调试百万亿次级超算机“曙光5000A”。



在国家超级计算济南中心,工作人员在查看“神威E级原型系统”运转情况。

### 打破“玻璃房子”,开启逆袭之路

中国的计算机事业起步不算太晚。1958年中国就有了第一台数字电子计算机。到了上世纪70年代,天气预报、模拟风洞、地震计算、航空航天设计等领域的需要都指向了高性能计算机,但当时最强的计算机产自美国。1976年,美国率先实现每秒1亿次计算的机器,中国差了两个数量级。

超级计算机可以用于模拟核试验,可以处理卫星图片,也可以用于解密。在飞行器设计中它至关重要,因为很多情况不能实测,只能计算模拟。因而美国对出口超级计算机十分谨慎。

在中国超算的发展历史上,上世纪80年代的一件事经常被提起:当时,中国石油工业部物探局重金购买了一台IBM大型机,但机器要放在不得随便入内的玻璃房子里,方便美国24小时监控,监控日志要定期交美国审查,计算机的启动密码和机房钥匙也要由美国控制。

改革开放后,中国开始研发超级计算机。或许是由于“玻璃房子”事件的刺激,中国在这一行业的进步极其迅猛。

### 登上王座,连冠超算舞台

“天河”和“曙光”系列虽然成功,但由于它们都属于向量型计算机,有一些限制依然无法突破。并行型计算机则被看作是发展方向,于是中国开始研发“神威”超级计算机,于1999年成功。另外,2002年,联想集团成功研发“深腾”。至此,中国最重要的四个系列超算机都登上了历史舞台。

2005年,中国超算机突破10万亿次/秒;2010年,“天河一号A”代表中国第一次登上了全球超算机榜首,但优势地位转瞬即逝;2013年“天河二号”称霸榜首,接着在半年一次的世界超算机排名战中,来了个六连冠。

但美国媒体曾报道:尽管上榜的多数超算机来自美国之外,多数实际上都使用了美国的技术,例如来自英特尔、AMD和英伟达的处理器。

在这一背景下,超算崛起的同时,中国也没有耽误研制用于超算的CPU。2015年,美国宣布对中国超算机禁运英特尔CPU,然而一年多后,中国人完全自主研发的“申威26010”CPU就犀利反击——四万多个申威CPU支撑的“神威·太湖之光”夺得世界超算榜首。

### 下一个高地,E级计算机

如今,国际超算界的注意力,已转向了下一个高地:百亿亿次级计算机,也叫E级计算机。中、美、欧、日都在向这一目标冲刺。

为了抢占先机,中国业已将百亿亿次(E级)超级计算机及其技术的研制写进了“十三五”规划,以期在2020年前后达成该项宏伟的计划。自2016年起,“十三五”规划中的高性能计算专题已启动,国防科技大学、中科曙光和江南计算技术研究所同时开展E级超算原型系统的研制,拟通

1983年12月,我国第一台每秒钟运算达1亿次以上的计算机——“银河”研制成功。紧追美日之后,中国开始了超算世界的征程。

“银河二号”“银河三号”“银河四号”接踵而来,算力从每秒1亿次上升到1万亿次。中国也成为少数能发布5至7天中期数值天气预报的国家之一。中国在1992年还研制成功“曙光一号”超级计算机,开辟另一序列。

曾参与“曙光”系列超算机研发的历军表示,“玻璃房子”的故事激励了一代中国计算机科研人员,为了摘掉这个耻辱的帽子,他们发奋图强,开发自己的超级计算机。

历军说:“我印象特别深,我们这些科研人员,每天没日没夜地干,把计算机当成自己的孩子,付出自己全部的心血。我们花了近20年时间,终于摆脱了困境。现在中国的超级计算机性能已在全球处于数一数二位置,而且在全球的超级计算机排行榜上,中国拥有的计算能力也在逐年提高。”

接着,“神威”来了个“四连冠”。也就是说,从2013年到2017年,超算巅峰始终被中国占据。不仅如此,2016年度的“戈登·贝尔”奖,被授予“神威·太湖之光”上运行的全球大气非静力云分辨模拟应用,我国高性能计算应用成果在该奖项上实现了零的突破。机器大踏步前进,应用水平也在慢慢跟上。

然而,竞争依然充满悬念。2018年6月,美国超算机夺回失落已久的宝座,并在11月摘得冠军。

但中国优势仍然明显,全球前500台超算机中,中国占227台,美国为109台。中国企业生产了最多的上榜机器:联想以140台名列冠军,浪潮以84台名列亚军,中科曙光以57台为季军,华为制造14台列第八。

清华大学教授、国家超算无锡中心主任杨广文告诉科技日报记者,中国近些年在研发超级计算机的过程中取得了非常好的成绩。中国的大型计算机在欧洲等地设置销售网络和测试中心,并打开北美市场;中国的高性能计算机应用领域已覆盖互联网大数据、工程计算、工业仿真、气象海洋、生命科学、石油物探等领域,正接到越来越多的用户订单。

过赛马机制推动国产自主E级超算系统发展,使中国超级计算机今后能在全球继续保持领先。

2017年初,中国的百亿亿次级超算机开始研发原型机。2018年5月,“天河三号”原型机公布,成为全球最先发布的同类机器;8月,“神威”E级超算原型机发布;曙光也发布了原型机。中国的“三驾马车”领跑全球。

根据公布的信息,这三款原型机的CPU、架构和冷却等技术各不相同。估计在2020年到2022年间,中国的E级机很可能问世。而美国计划安装在阿贡国家实验室的E级超算机也在加紧研制,计划2021年建成。

超级计算机另一个重要指标是耗能。有专家指出,按照目前超算机的水准,随着超算机用于各个方面,总有一天用电量会超过发电量。

美国和日本在节能上做得比较好,而中国超算机也在趋向于高效。两台由中科曙光开发的超算机,进入了按能效排名的“绿色超算”前10名。而联想公司的水冷技术比传统气冷技术节电45%,已应用在全球前十的超级计算机上。超导计算机也成为中国科研人员感兴趣的方

探索原子核与黑洞的奥秘、模拟化学反应过程以及制药、设计桥梁、勘探石油……支撑各行各业的是永不止步的算力升级。在超算应用比较多的制造业和基础科研等领域,美国等国的大部分应用软件还占有绝对的优势。超算软件开发的周期动辄需要二三十年,要经历科学问题建模、网格划分、求解数学方程、算法设计、运行验证等一系列流程,还牵涉到多种学科,因此也是中国超级计算机事业无可回避的下一个挑战。

### 亲历

## 千亿次级机上马 多亏了“绝对的少数派”

本报记者 高博



“神威”总设计师金怡濂

1992年深秋,在中国未来大型计算机的第一次方案讨论会上,预研小组已经将目标提高到500亿次,与会代表认为虽然有技术困难,但基本可行。就在波澜不惊的讨论即将结束时,主持会议的领导突然提出:直接上千亿级,是否可行?

与会者纷纷反对,老将金怡濂却认为中国具备这个能力,他自称“绝对的少数派”。经过几轮论证后,直接制造千亿次级机的方案确定,60多岁的金怡濂成为“神威”的总设计师。

1929年9月,金怡濂出生在一个知识分子家庭。他的父亲是留学美国的工程师,母亲是家学渊源的大家闺秀。虽然时代动荡,但父亲金奎始终没有失去信心。他以詹天佑、茅以升等人为例来教育孩子:“中国虽暂时穷困,但中国人非常聪明,只要下功夫、肯努力,开动脑筋,外国人能办到的,中国人也一定能做到。”金怡濂称,父亲的话长久地留在他的脑海中。

我们这代人,生活比较坎坷,选择个人道路的余地不是很大,但是,读了点书,学了点东西,能干点对国家有帮助的事,就会觉得很高兴。

金怡濂大学毕业后,服从国家分配,被派到上海的中国电话公司工作。此后他赢得机会,去苏联科学院精密机械与计算技术研究所进修,并在那里见到了当时先进的每秒2万次的计算机。从苏联留学回来,他就参加了中国第一台大型计算机104机的研制。

1963年,金怡濂随研究所转移到西南山区,一待20年;1970年代,他将中国的计算纪录提高到350万次每秒。此后,他成了大型机研发领域的“领头羊”。

1978年3月,参加第一次全国科学大会的金怡濂,意识到科学的春天来了。一个多月后,金怡濂等5名专家赴美国和日本考察,并清醒地认识到了中国的差距。

邓小平表示,中国要搞四个现代化,不能没有巨型机。此后,905工程亿次机的研制很快提上了日程。金怡濂领导大家将中国纪录刷新为每秒1亿次。1985年,金怡濂主持研制10亿次主机的方案时,意识到闭门造车是跟不上潮流的,必须与国际接轨。他决定新机型使用国际通用的32位处理器芯片,向大规模并行计算机发展。10亿次主机的成功也决定了后来的发展方向。

1992年,对排众议的金怡濂是至为关键的一年,1000亿次是一个具有分水岭意义的指标,他在这台机器上尝试了设想的“分布共享存储”方案:每个处理器旁设一个存储器,数据就近存取、缩短时间。他还决定加上平面格栅网的互联技术。这种结构几年后在国际上流行起来,证明了金怡濂的远见。

1993年起,美国劳伦斯·伯克利国家实验室、田纳西大学和德国曼海姆大学每年进行两次全球超级计算机500强评比,迅速成为行业风向标。金怡濂提出,“神威”出机时要在Top500榜上有名。为了这个目标,他先后多次调整“神威”的方案,提高关键的技术指标。当“神威”进入整机调试阶段,金怡濂再次大踏步前进,将“神威”速度从每秒1000亿次一举提高到3000亿次。

1996年9月下旬,“神威”出机。测试结果显示,“神威”的峰值运算速度达到了每秒3120亿浮点结果,完美!金怡濂接着在2001年推出“神威II”,达到每秒13.1万亿次,打破了美日对Top500前列的垄断。

2003年2月,金怡濂在第三届国家科学技术奖励大会上获得最高科学技术奖,这是对他一生事业的最高表彰。

“我们这代人,生活比较坎坷,选择个人道路的余地不是很大,但是,读了点书,学了点东西,能干点对国家有帮助的事,就会觉得很高兴。”金怡濂说。

(本版图片除标注外来源于网络)

责编 张琦

“天河三号”E级原型机