

从“新工人”到中国工程院院士

○郑纬民（1970届自控）



郑纬民院士参加国庆70周年庆典

1965年我考入清华大学自动控制系，1970年毕业留校当了“新工人”。留校后我去过工厂，去过农场。改革开放后，“新工人”变成教师，我从助教、讲师、副教授、教授，一直到博士生导师。1979年我读了硕士研究生，1985年和1989年先后前往美国、英国从事分布操作系统与函数语言编译研究。回国后聚焦计算机并行/分布处理研究，并率先在高性能存储领域深耕发力。除出国进修那几年，我没有离开过清华大学，一直在基层工作，是一个普通教师，最多是曾任计算机系高性能计算研究所所长。2012年通过选举，我担任中国计算机学会理事长。2019年当选为中国工程院院士。下面说说工作50多年来的几点体会。

做国家急需的科研项目

我的本职工作是科研和教学。在科研方面，我第一个坚持的是做国家急需的科研项目。20世纪90年代，高性能计算机方

面出现了一种新的类型，叫集群系统，国家急需这种结构的高性能计算机。我们是国内最早开展集群系统研究的单位，做了由工作站组成的集群系统，做了由PC组成的集群系统，解决了集群系统中很多关键问题。我们做的集群系统应用在新中国成立五十周年庆祝活动北京市天气保障系统上，也因这一贡献立了二等功。

20年前，国际上出现了网络存储系统。这种系统上的数据可以共享，可扩展性也好，广泛应用于银行、审计、公安等部门。国外公司技术垄断，价格非常昂贵。国家急需这种网络存储器，经过技术攻关，我们做出了具有自主知识产权的国内第一台网络存储系统，广泛应用于审计、公安、石油等单位，并使得国外存储厂家的价格降了很多。我们的集群系统和网络存储系统获得了国家科技进步二等奖。

做世界一流水平的工作

科研方面我坚持的另一点是要做世界一流水平的工作。我在存储系统扩展性、可靠性和集约性等公认的科学问题和工程技术方面取得了国内外同行认可的创造性成果，推动了存储领域的科技进步。在“863”计划支持下，国内率先研制出具有自主知识产权的清华海量网络存储系统，应用于多项国家重大工程并发挥了重要作用，极大推动了网络存储技术的普及、发展和应用，该系统在整体技术上达到了国际先进水平。2011年，我们第一次

在国际高性能计算领域顶级会议FAST上发表文章，这是中国大陆学者独立完成的首篇FAST论文。而今，FAST会议每年甄选的20篇文章中几乎都有中国学者的身影，2021年我们团队在FAST上发表了3篇论文。我发表在存储领域顶级期刊ACM TOS上的论文，是中国大陆学者首次在该刊发表论文。

在“973”和“863”计划支持下，我们研制出支持多单位共用的通用存储容灾系统，广泛应用在审计、电信、教育、安全等行业及部门，支撑了数十个城市的应急系统工程和国家某信息安全绝密工程。推动了灾备技术国家工程实验室的建设，成功引领了国内外存储容灾的实施标准和方案规范。

我在国际上率先研制出既支持个人用户又支持社区用户共享的高可用云存储系统。美国的Cloudbook网站将其作为特色（featured）教育科研云服务平台收录，是唯一来自中国的系统。鉴定委员会认为：总体达到国际先进水平。在跨数据中心的数据一致性维护、网络数据聚散RPC机制、基于社区的数据共享管控机制等方面达到国际领先水平。

2016年11月17日，在美国盐湖城召开的全球超级计算大会（SC2016）上，“千万核可扩展大气动力学全隐式模拟”联合成果获得“戈登·贝尔”奖，实现了该奖创办30年来我国在此大奖上零的突破。2017年清华团队再次借助“神威·太湖之光”超级计算机，成功设计实现了高可扩展性的非线性地震模拟工具，实现了对唐山大地震发生过程的高分辨率精确模拟，再次斩获“戈登·贝尔”奖。我们团队实现两次“捧杯”。

前两年，我们团队又做了分布式存储系统，把它装在高性能计算机上，参加2020年和2021年国际的IO500的比赛。IO500主要测试计算机系统的读写文件的性能。参加比赛的都是国际有名的公司，例如Intel公司，美国国家实验室，欧洲有名的大学。2020年我们国家第一次获得了冠军，2021年又获第一名。我们能得冠军是因为我们做了一个分布式文件系统MadFS。该系统完全自主可控，性能做得非常好，我们IO500比赛的成绩达到3.6万分，是第二名的20多倍，在国际上引起轰动。

2020年，我们团队在《自然》上发表我国第一篇以清华大学计算机系作为第一完成单位的论文《一种类脑计算系统层次结构》，首次提出“类脑计算完备性”（也称为神经形态完备性）概念，提出了一种有潜力打破冯·诺伊曼瓶颈并推动下一波计算机工程的计算模型和架构。这项成果不仅实现了国内在计算机体系结构领域《自然》论文零的突破，也填补了类脑计算系统完备性理论与相应系统层次结构方面的空白，有利于自主掌握新型计算机系统核心技术。



2019年12月，中国工程院院长李晓红（右）为郑伟民颁发院士证书

“十三五”期间，我的团队坚持“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求”，在高性能计算机系统结构、计算机系统软件、计算机存储系统以及高性能算法与应用方面取得了一系列重要成果。

促进我国民族产业的发展

在科研方面，我坚持要促进我国民族产业的发展。我经常对年轻人和学生说：“一定要做对国民经济有用的事。”现在很多人觉得多发论文最重要，不是说这些没有价值，而是真正做研究要让理论落地，不能在纸上空比划。

我们的核心技术先后转让给内蒙古和林格尔公司和同方、华为、中兴、浪潮、百度、阿里云、阿尔山公司，近几年转让费达14698.52万元。转让给同方公司的Tstor存储系统可替代多副本存储系统，在国家网络与信息安全管理中心、招商银行、中国电信、中国民航等单位发挥了重要作用。浪潮公司反映清华大学的网络存储虚拟化系统与云存储关键技术，提高了浪潮存储系统产品的核心竞争力，保障了国家重要行业数据的安全与可靠。近三年，浪潮存储系统销售额年复合增长率超过60%，其中有我们的重要贡献。华为公司反映，技术应用于与华为公司联合研制的PB级海量高端存储系统，实现了我国存储高端产业由技术依赖型向自主创新的跨越，技术指标优异，达到业内领先水平，推动了华为公司在存储应用与服务领域获取领先地位和互联网发展。中兴通讯公司告诉我们，我们的存储系统扩展方法在提高中兴通讯存储系统产品核心竞争力方面起到了关键性作用。中兴存储系统销

售额的年复合增长率在30%以上，2016年存储系统总销售额超过6亿元人民币。我为国家存储产业的发展作出了实实在在的贡献。

做好教学本职工作

在教学方面，“计算机系统结构”这门课贯穿了我的整个教学生涯，课程的课件和教案每年都更新，讲授的内容始终走在领域前沿。我们已编写和出版计算机系统结构领域的教材近10本。上课要有激情和幽默，把复杂的知识点讲得清楚明白，让学生都听得懂、感兴趣。许多学生因为听了我的课，对计算机系统产生强烈的探索兴趣。如今我培养的很多学生也站在了大学的讲台上，或幽默或通俗地为同学们讲授计算机的基础理论和前沿知识。我被评为北京市优秀教师、北京市教学名师。我主讲的“计算机系统结构”课程被评为国家精品课，主讲的“高等计算机系统结构”研究生课程被评为学校精品课。我已培养博士52名，硕士72名。

“郑老师上课非常有激情，也很幽默，他总能把复杂的知识点讲得清楚明白，让学生都听得懂、感兴趣。”从本科起就跟着我做科研的计算机系教授陈文光，至今还记得20年前我上课时打过的比方：“郑老师将初期的大型向量计算机比作‘象群’，将集群计算机中的小芯片群比作‘蚁群’，非常形象。”不自觉中，他平时上课也会跟我一样，多举一些通俗易懂的例子，课堂氛围也相对轻松活跃。当时慕名来听课的还有许多外系和外校的学生。

我们给学生讲课，至少在课堂上要让他明白70%，剩下30%有兴趣的可以再去学习研究。学生连课都听不懂，怎么可能对科研感兴趣？我至今还在全国各地讲

课，从计算机系统结构讲到并行计算，再到区块链技术，一如既往地深入浅出。但凡开课，经常一座难求。

我向来鼓励学生做交叉研究。搜狗公司 CEO 王小川曾是我的硕士生，在读期间他突发奇想，提出想借助计算机做基因拼接计算。当时整个团队仍以并行处理的研究为主，这一想法看起来有些格格不入，但我却非常鼓励，并告诉他：“基因很复杂，如果你要做这个题，你得先去把生物专业的基础书读透。”在我的鼓励和指导下，王小川立即做起了自己当时最感兴趣的研究，最终他研制出高水平的基因拼接软件系统。

我极为信任学生。高性能计算研究所现任所长薛巍副教授本是清华电机系的博士生，常来计算机系实验室做运算处理。我看这个小伙子很勤奋，连周末都没日没夜在做研究，就跟他说可以来我们组做科研，于是他就来了。恰逢计算机系与地学系合作天气预报研究项目，而薛巍本科阶段在电机系和环境系拿到了双学士学位，学习背景与这一项目非常契合，我就直接让他负责这一项目，并要求他“把气象学本科生教材全部学一遍”。他一边做一边学，而今的薛巍已然是天气预报行业的青年精英。

有人问我迄今为止最自豪的成就时，我没有丝毫犹豫，我的答案既不是评上院士，也不是拿下什么奖项，而是“我培养的学生们都很优秀”！

培养年轻人，建立创新团队

下面举几个例子，说明我是如何培养年轻人和建立一个特别能战斗的团队的。

第一个例子是20多年前，学校要支持

CPU研究，成立了CPU研究中心，我担任主任。我极力推荐年轻人汪东升为技术负责人，建立了一个有四五十人的研究队伍，我只负责协调校外、校内和系里的力量，所有技术上的事由他负责，让他干，支持他。最后流片成功了，我们研制的CPU是当时在国内工作频率最高的CPU。通过这个项目，汪东升成长起来，我们的团队也成长起来。

另一个例子，我极力推荐当时还是副教授的舒继武作为“863”项目中经费最多的项目负责人，研制网络存储系统。整个团队有四五十个人，大家一起攻关，每天加班加点，不怕困难，有硬件有软件，确实很难，很多是我们从来没做过的。最后成功了，填补了国内的空白，包括审计署、石油单位、教育系统、公安系统等单位用了我们的系统，迫使国外同类产品大大降价。这个项目最重要的成果是培养了年轻人，成长了我们这个团队。

20多年前我们曾经参加教育部的Chinagrid项目，这个项目有12所大学近50人在清华大学集中研发。我让年轻人武永卫作为整个项目的总工程师，他协调12所学校、近50名年轻人一起搞研发，最后开发出一个在世界上都有名气的网格平台。项目成功了，年轻人武永卫也成长起来了，在国内有一定的影响力。

我们组年轻老师都成长起来了。杨广文曾任“863”专家组专家，现在担任无锡超算中心主任，连续两年获“戈登·贝尔”奖，为高性能计算机的应用作出了很大的贡献。舒继武是杰青、长江学者，曾任“863”专家组专家，在存储领域很有名气。陈文光是杰青，曾担任青海大学计算机系主任，是系统软件和系统领域有名

的青年学者。武永卫是万人计划入选者，担任副系主任，在分布处理方面很有成就。张悠慧是教育部长江学者，在类脑计算方面已有名气。张广艳是杰青，在新型存储器件方面取得了很好的研究成果。翟季冬是优青，他带领大学生参加高性能计算比赛，是国际上获奖次数最多的团队。2021国际大学生超级计算机竞赛（ISC2021）上，由清华大学计算机系组建的清华大学学生超算团队再次夺得总决赛总冠军，这是清华大学在三大国际大学生超算竞赛中获得的第14个冠军，翟季冬是教练。陆游游也是优青，他在新型存储系统方面做出了很突出的研究成果。

我总跟学生们说：“做计算机系统结构方面的研究，要做好吃苦的准备。”每天工作十几小时是组里师生的常态，短期内论文产出也不高，急功近利者几乎不敢踏入这个领域。我一直鼓励学生沉下心来去做研究：“我们要做实事，才能成事业。”总之，我们这支队伍是一个能打仗的在国内外有一定名气的创新团队。

当摩尔定律的理论极限走到尽头的时候，中国的信息技术研究将何去何从？当计算机体系结构未来十年迎来黄金发展期的时候，中国的信息技术研究将何去何从？当因为国内信息技术基础设施建立在外国公司研制的基础芯片之上而被别人在核心关键技术上“卡脖子”的时候，中国的信息技术研究将何去何从？对于这一系列的何去何从，我的研究团队坚守计算机科学初心，以实际行动给出了自己的答案。

2021年是我国“十四五”开局之年，国内经济社会发展进入新常态，国家深入实施创新驱动发展战略迎来了前所未有的机遇期，以芯片和操作系统为代表的基

硬件与软件将获得国家政策的大力支持，引发新一轮自主可控基础硬件与软件技术研发浪潮。新一代超级计算系统将成为促进科技创新的重大算力基础设施，全新计算机架构蓄势待发。但是，计算机技术的基础核心不自主、生态系统不可控、计算机系统核心软硬件的“卡脖子”问题，依然如同“达摩克利斯之剑”悬在头上。同时，随着摩尔定律逐步逼近理论极限，依赖工艺进步提升计算机效能的传统发展路径也不再有效。那么，如何才能解决在关键技术和系统上受制于人的问题，如何打破传统技术发展的壁垒呢？我坚决地说：

“科研一定要自立自强。一是要敢于去做科研，面对困难不退缩，迎难而上，想办法去做；二是要做拥有自己的知识产权、自主可控的东西。”

为了解决新兴应用需求与现有技术能力间的矛盾，直击计算机体系结构这一关键“卡脖子”技术，我的团队在由发展路径多样性而带来的体系结构基础创新的重大契机面前，切准了“十四五”的发展脉搏，即“在E级高性能计算机系统技术已有成果基础上，以计算机体系结构基础创新为核心，开展包括通用处理器、操作系统等基础软硬件以及存储、数据处理、高性能计算等共性关键系统在内的计算机体系结构全链研究，突破自主性、高效能、安全性等方面的挑战，掌握核心技术，解决‘卡脖子’问题”。统筹布局以通用处理器为核心的计算系统研发和以新型计算范式为基础的下一代系统研究，突破计算系统全链的系列核心技术，并发展出新型计算完备性理论与相应体系结构，引领计算系统关键领域的创新。同时，优化和提升教师队伍结构，引进国际知名专家，

组建擅长产出系统性大成果的“高端教研”+“高端工程”团队。

“创新靠单打独斗是不行的，一个大的工程、研究都需要有一个团队，需要每一个人都有团队精神。”在计算机体系结构发展黄金十年，成立强有力的科研实体，团结一批志同道合的研究人员，联合国内相关领域的龙头企业与研究部门，通过重大应用牵引协同创新，合作构建我国自主可控的计算系统生态环境。我比较有信心，几年以后我们会更好。

为祖国健康工作 50 年

在清华读书时，蒋南翔校长提出的口号“为祖国健康工作五十年”响彻校园的各个角落，至今仍是清华人对国家的承

诺。我始终记得这个承诺，1970年开始工作到现在五十多年了，我很骄傲地说：已经践行了为祖国健康工作50年的目标。2014年我退休了，但是我还是每天来实验室，特别是最近几年，早晨是第一个到实验室的人，很多个周末也在实验室度过，退休后仍然铆足干劲，为祖国的计算机事业奋力工作。年轻教师翟季东看我退休后工作还这么拼，直言道：“老师比我们还拼，做学生的哪敢不努力！”我现在身体还可以，争取再干几年。

我1965年进清华大学读书，1970年毕业留校，2014年退休，身份从学生、“新工人”、教授到院士。感谢清华大学，感谢老师，感谢我的大学同班同学，感谢我的同事和学生。
2021年8月

我走过的精密光学仪器研发之路

○李剑白（1961届机械）

1956年我考入清华机械系金属学及热处理专业，金11班，通常称“金相专业”。1959年大三时，系里新成立精密仪器专业，全系抽调了45名学生到新的专业，称“仪1班”，我名列其中。这样就确定了我一生从事光学精密仪器研究的人生历程。

毕业60周年时的2021年，迎来清华110周年校庆，我们仪1班老同学重回清华园，在精仪系大楼前留下了一张珍贵的合影。

从传统的精密光学仪器起步

清华的精密光学仪器专业是建立在原有的精密计量及仪器教研室和实验室的基础上的。新的精密光学仪器专业教师主要

也是来自精密计量教研室，即机械系开设“公差与计量”课程的老师们。原“公差与计量”教研室梁晋文教授是全国“公差



二二
李剑白（左）、赵安庆
年校庆返校在同方部留影
夫妇二〇