沙子炼成芯片的华丽转身

□ 科普时报记者 文/图 **张英贤**

“小朋友，回到家后，把家里不要的旧照相机、电视机、笔记本电脑都给拆了，看看里头有哪些集成电路芯片，研究下这些集成电路芯片有多复杂。”近日，北京市科学技术协会主办的北京流动科技馆进社区活动在天通苑艺术中心举办，中国科学院微电子研究所研究员陈宝钦为前来参加活动的孩子们作了一场“微电子如何把沙子炼造成芯片”的科普讲座。讲座结束时，他鼓励孩子们动起手来，对芯片进行深入探索。

沙子炼成高纯度单晶硅片

几乎所有的电子设备，都安装着大大小小、各种各样的芯片，其中有一种被称为中央处理器（CPU）的芯片是整个电子设备的大脑。一枚小小的芯片就能够为智能手机、计算机、汽车、飞机、高铁甚至北斗提供非常复杂的计算功能和控制功能。如果撬开一枚芯片并将其一层又一层地打磨，我们就能发现，芯片是由千千万万个非常复杂的晶体管及其他电子元件集成在半导体硅片上的。

科普讲座上，陈宝钦为孩子和家长展示芯片教学道具。

为什么说沙子可以做成芯片，这还得从硅片说起。“能做成芯片的沙子是石英石。在石英石中，水晶是比较纯净的二氧化硅。”陈宝钦说，只有极高纯度的单晶硅材料才能做出高端的纳米级集成电路芯片。

为了将沙子炼造成纯度极高的硅基片材料，需要历经石英石原料去杂、去氧还原成硅、提纯拉成单晶硅、切片、精磨、抛光等非常复杂的工序。“通过化学还原反应把氧赶跑，剩下硅，再通过各种各样的工序将石英石提炼成高纯度的单晶硅材料。切成片后的硅晶片厚度也就零点几毫米，我们用它做基底。”陈宝钦说。

“单晶硅不能作为半导体材料使用，还需要掺进特定的杂质，变成N型半导体材料和P型半导体材料，才能用于制造集成电路芯片。”陈宝钦的介绍让小朋友再次感受到硅元素的奇妙之处。目前，碳化硅是一种高导热、高硬度的第三代半导体材料。

芯片里建起64层高楼

在讲座中，陈宝钦不断拿出沙子、水晶石、金刚石、电子管、晶体管和各种集成电路芯片样品等作为教具。几位小朋友拿到12英寸28纳米和8英寸10纳米规格的集成电路晶片的实物样片后，和家长一起认真地观察。

“你能想象一枚芯片里有多少个晶体管吗？”当听到“500亿个”的答案后，小朋友和家长们发出了惊讶之声。

“64层的楼房有多高？”在陈宝钦提问后，一位小朋友很快地计算出答案：“100多米！”“零点几毫米厚的晶片上却建了64层楼！因为‘盖楼的砖头’的厚度是纳米级的，所以64层集成电路的高度也不过微米（1微米=1000纳米）级的。”这样的回答，吊起了现场观众的胃口。

传统集成电路中的晶体管以平面的顺序进行排列，这种方式注定无法最大限度地利用空间，当集成电路规模越来越大，要求晶体管的尺寸越来越小。当晶体管最小的尺寸达到10纳米以下时，传统平面的场效应管的尺寸已逼近物理极限。而且，现有光刻机技术也逼近了加工的极限，再继续按照等比例缩小原则制造更小尺寸晶体管的方法已经行不通。

“为了做出10纳米以下的芯片，科学家们想办法将晶体管像积木一样堆叠起来，做成立体的、多层的，还采用了先进封装技术把两片基片键合在一起等手段。”陈宝钦说，“建高楼”的方法在不需要继续缩小晶体管尺寸的条件下，让单位面积的晶体管集成度也实现了翻倍地增加，可以等效地称之为5纳米工艺、3纳米工艺、2纳米工艺甚至1纳米工艺。

激光精雕细琢造芯片

“如何把500亿个晶体管做到像指甲盖大小的一块集成电路芯片里？”陈宝钦发问：“每个晶体管中结构的尺寸相当于头发粗度的千分之一到万分之一，大家看是不是很难？这就需要靠光刻技术。”

从20世纪70年代开始，陈宝钦和我国一批从事微纳米加工技术的科技工作者一直坚守在微光刻和电子束光刻领域上。从当年用手术刀人工刻出最细线条0.2毫米，到采用紫外光光刻出0.5微米；从1微米级传统光学光刻，到百纳米移相掩模曝光实验，直到现在在实验室条件下采用电子束光刻技术在硅片上直写光刻出最细线条10纳米CMOS（互补金属氧化物半导体）器件和电路，甚至找到5纳米的极限加工尺寸。

什么是光刻技术呢？光刻技术是在照相技术和印刷制版技术的基础上发展起来的。光刻机类似于照相馆相片复印机，将已经设计好的集成电路掩模版图（相当于照相底片），通过紫外光源或者激光光源，采用投影曝光的方式或者直写的方式转移到硅晶片表面上涂覆的光致抗蚀剂（俗称光刻胶）上，最后再通过刻蚀机把集成电路掩模版图形“刻”到硅片表面上。

“光刻技术是整个半导体集成电路制造工艺中最关键的工艺技术。”陈宝钦介绍，整个芯片制造过程中，需要几十道光刻工艺，每一道光刻工艺后还包含着许多道半导体集成电路平面加工工艺，而且要求每一步出问题的可能性都不得超过百万分之一。其中，看似最简单的基片表面处理和清洗步骤，也需要非常认真地清洗好几遍。“任何一个步骤出了问题，整个集成电路制造过程就是白干，一个好的芯片也出不来。因此，芯片制造工艺团队的成员必须是由最敬业的工程技术人员构成。”

超越时空

可控性、可定制、可交付 进入大模型时代，还需解决三大挑战

□ 陈思进

近日，国家网信办联合国家发改委、教育部、科技部等七部门公布的《生成式人工智能服务管理暂行办法》规定，鼓励生成式人工智能算法、框架、芯片及配套软件平台等基础技术的自主创新。

以大模型为代表的人工智能技术经过60多年的发展，已经进入到爆发的阶段，具备了为行业降本增效的能力。大模型时代真正开始了。

回顾第一次动力革命、第二次电气化革命、第三次信息化革命，过去几次工业革命对整个人类社会的经济、文明形成了巨大的推动。此次人工智能革命，尤其以大模型为代表的新兴科技，预测为人类带来的影响将会远超过去三次工业革命。

相比过去20年人类科技的发展，大模型出现两个很鲜明的特征。首先，大模型完全媲美操作系统。PC时代有Windows系统，移动互联网时代有iOS系统和安卓系统。今天，大模型已经具备了整个生态的构建能力。

其次，大模型还超越了操作系统。在操作系统之上，谷歌、Meta等公司提供了入口，涵盖搜索引擎、社交、电商等，而大模型不仅是操作系统，还是一个真正拥有巨大用户数且用户黏性极高的超级入口。

综上所述，大模型是人类科技史上的一次重大飞跃，但是，大模型在全球发展过程中也面临着3个极其关键的、需要解决的挑战。

第一个挑战是技术的不可控性。在伦理道德、价值观上，大模型都面临着如何能够从不可控变成可控的挑战。如果没有一个可控、安全的大模型，人工智能就无法实现商用，大模型或遭遇“折戟沉沙”。

第二个挑战是用户的心理期待。用户期待人工智能不仅拥有大模型的核心能力，更希望大模型输出的答案，是自己所希望的答案。所以，未来大模型需要从“非定制”转为“可定制”，能够为每一个企业、每一个场景提供可定制、能够按需输出的基础平台。

第三个挑战在于大模型的交付成本。当前的大模型成本尤其是算力成本极其昂贵，动辄要上百亿美金。若将大模型成功地商业化，还需推动“难交付”变成“可交付”。

基于这些挑战，相关方希望可以在数字经济方向取得新突破。数字经济的特点之一为数据越用越多。然而，数据之上是什么在控制数据、产生数据价值呢？答案是算法与人工智能。因此，在人工智能、数字经济新时代，必须要掌握核心的基座、核心的平台、核心的算法，这也是中国面对的机遇和挑战。

事实上，对于人工智能中算力、算法、数据、应用场景等核心要素，中国做得最成功的是应用场景，即结合科技并促进产品落地的商业化解决方案。如今，中国应该更多地鼓励原始创新，大力发展人工智能诸多核心科技。

（作者系科幻作家）

运筹帷幄之中 善数不用筹策

——中国古代重要科技发明创造（七）

□ 王渝生

记数和计算是数学最基础的内容。中国是世界上数学最发达的国家之一，数字在中国最早出现是在新石器时代晚期，距今大约6000年。在这之前，我们的祖先采用结绳、契木等办法来表示数的概念，即所谓“结绳记事”“契木为文”。其实，后来甲骨文中的“数”字就取自结绳的形象。契木或其他形式的刻画记数是数字产生的基础。当人们可以通过某种规则的刻画来表达数字的时候，数字就自然而然产生了。根据现有的资料来看，最迟在仰韶文化半坡时代，我国已经有了可以称得上数字的刻画符号。

从现已发现的3000多年前的商代陶文和甲骨文中，我们可以看到当时人们已经能够用“一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、百、千、万”13个记数文字，表示十万以内的任何自然数了。这些记数文字的形状，在后世虽有所变化最终成为现在的写法，但记数方法却从没有改变和中断，一直沿袭至今并日趋完善。

十进位值制的记数法是古代世界中最先进、科学的记数法，对世界科学和文化的发展有着不可估量的作用。十进位值制包括十进位和位值制两条原则。“十进位”即不同数位间满十进一；“位值制”则是不同数位上的相同数值用同一个数字符号表示，符号的位置非常重要。如3位数“111”如在十进制下，右边的“1”在个位上表示1个1，中间的“1”在十位上就表示1个10，左边的“1”在百位上则表示1个100。这样，就使整数表示和演算变得简便易行。

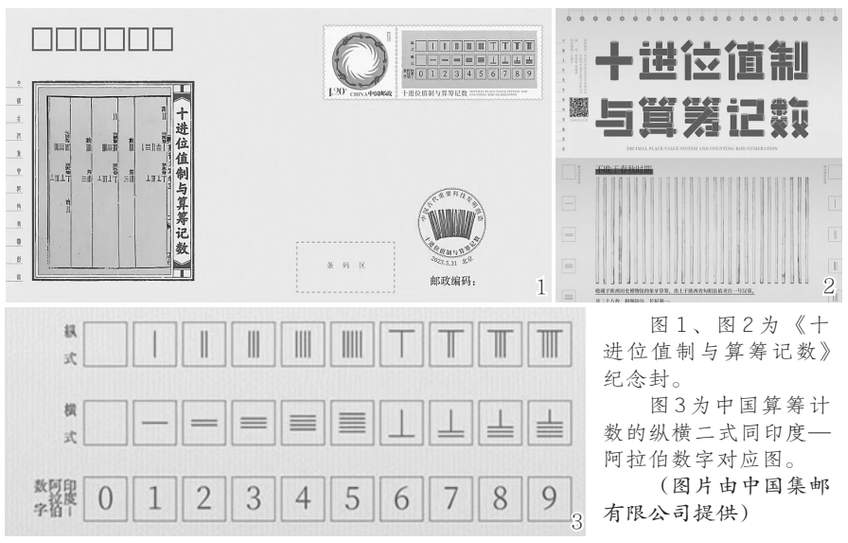


图1、图2为《十进位值制与算筹记数》纪念封。

图3为中国算筹计数的纵横二式同印度—阿拉伯数字对应图。

（图片由中国集邮有限公司提供）

正如李约瑟所说的：“如果没有这种十进位值制，就不可能出现我们现在这个统一化的世界了。”

中国早期比较普遍而又典型的十进位值制记数法是算筹记数法。算筹本身非常简单，就是长条形小棍。材质可能是竹、木、金属、骨头乃至象牙，但主要是竹和木，尤以竹质为多，所以表示算筹的字往往从“竹”，如算、筭、筹、策，等等。1954年，在湖南左家公山的楚国墓葬里出土了40根战国时的竹算筹，是已知最早的算筹实物。此后，在陕西千阳县等地还出土了骨制、铅制、象牙制等不同材质的古代算筹。

古代用算筹排列成基本数字一至九，有纵横两种形式。《孙子算经》中有押韵的顺口溜：“凡算之法，先识其位。一纵十横，百立千僵，千十相望，万百相当。”是说个位数用纵式、十位数用横式、百位用纵式、千位用横式、万位用纵式，依此类推，交替使用纵横两式。遇到零，算筹记法是不放算筹，以空位表示。中国的零用空位先用框“□”表示，以后演变为圈“○”，同印度—阿拉伯数字中的“0”类似。但是，中国零的发明渊源有自，并非从印度传入。

《汉书·律历志》称：“其算法用竹，径一分，长六寸，二百七十一枚而成六觚，为一握。”这里的“算”是名词，它指的是一种古老的计算工具——算筹。几千年里，它是中国古人最常用的计算工具，有人认为，“策”字代表的是手握一束算筹，开展算计谋划的形象。直到元代以后算盘全面普及，算筹才逐渐退出了历史舞台，筹算演变为珠算。

有趣的是，中国的成语中也有算筹和筹算。“运筹帷幄”出自司马迁《史记·张良传》，是说张良带兵打仗，夜宿帐蓬之中，还在案桌上摆弄算筹，计算兵力、辎重、粮草、行军路程等，夸张良“运筹策帷幄之中，决胜于千里之外”。而老子《道德经》称“善数不用筹策”，这是夸精通数学的人，可以不用算筹进行计算，用心算即可，后引申为“算计”的意思。

总之，在十进位值制记数基础上，用算筹摆成数字进行计算称之为筹算。所以“算术”的原意是指筹算的技术。这是中国数学特有的名称，这一名称恰当地概括了中国数学依赖于算筹，且以算为中心的特点。从一定意义上说，中国古代数学史就是中国筹算史。

（作者系国家教育咨询委员会委员，中国科技馆原馆长、研究员）

余生趣潭

无定 马国馨院士篆刻

王拥军：用中国方案改写卒中全球指南

□ 科普时报记者 **罗朝淑**

最美科技工作者

“我想讲一个叫作‘CHANCE’（机会）的故事。过去10多年，我和同事一直在从事一项任务，那就是减少缺血性脑血管病的复发风险，让患者拥有更多更好生活下去的‘机会’。”2022年10月，在新加坡举行的第14届世界卒中大会上，获得世界卒中组织最高成就奖——“主席奖”的王拥军，与全球同道一起分享了自己的研究历程。

王拥军是首都医科大学附属北京天坛医院院长，多年来，一直致力于脑血管病的临床和科研工作。近日，在由北京市委宣传部、北京市科协等组织的2023年北京最美科技工作者遴选活动中，王拥军当选为2023北京“最美科技工作者”。

找到“甜蜜点”，用中国方案解决世界性难题

急性缺血性脑卒中，俗称“脑梗”，约占全部脑血管疾病的70%，急性期病死率为5%—15%，生存的患者中致残率为50%，可出现瘫痪、失语、失明等症状，严重影响患者的生活质量，给家庭、社会带来沉重的心理和经济负担。

高复发是缺血性脑血管病防治的世界难题。“每一次复发，都会使患者致残概率增加，都会把患者向死亡边缘再推进一步。因此，降低复发是治疗缺血性脑卒中的核心环节。”王拥军说。

20世纪90年代末，经过几十年的探索，科学家们获得坚实的循证医学证据，证明早期使用阿司匹林可以减少这部分患者发生致残性“脑梗”和复发的风险，但科学家们并未止步于此，而是希望找到一种与阿司匹林作用机制不相关的抗血小板药，通过两种药物联用，进一步降低卒中复发的风险。但在随后的3次大规模国际实验中，科学家们发现，两种药物联用，明显增加了患者脑出血的风险。

王拥军认为，理论是可行的，但最关键的是要找到两种药物使用的时间、适用的患者和使用的周期相结合的“甜蜜点”。随后，王拥军带领团队开启了一项名为“氯吡格雷用于急性非致残性脑血管病事件高危人群的疗效研究”。这个课题的英文缩写，正好是英文的“机会”一词“CHANCE”。

从2009年10月至2012年7月，王拥军带领研究团队从114个临床试验点筛选了5170例高危非致残性脑血管病患者，通过双盲双模拟平行对照的模式，最终发现了这个关键的“甜蜜点”——“轻型卒中”“发病24小时内”“阿司匹林+氯吡格雷联用21天”。

“CHANCE方案”开创了缺血性脑血管病联合抗血小板治疗的时代，将缺血性卒中复发率从11%下降到8.2%，解决了世界性临床难题。仅在我国，就能够减少74万名卒中患者复发，减少患者医疗花费超百亿元。

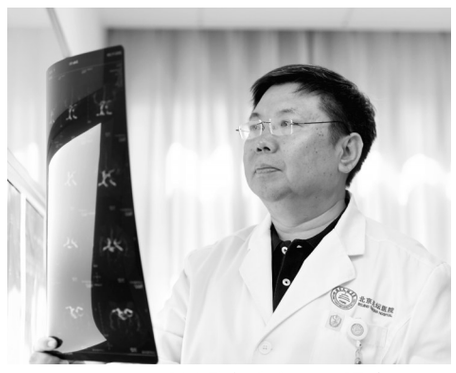
不仅如此，这一中国方案还改写了欧美等其他国家的临床指南，并成为全球卒中治疗的“金标准”，为世界卒中患者带来了更多生机。

瞄准前沿，让复发风险再降低

在科研工作中，王拥军始终瞄准前沿技术，以数据驱动研究范式解决临床中的实际问题。组学研究是利用大数据科学进行精准医疗的新兴领域。组学数据的整合意味着可以同时研究数千种基因、蛋白质、核糖核酸和代谢产物，揭示分子水平上的相互作用网络。王拥军带领团队为脑卒中组学数据制定标准，建立卒中多组学创新中心。

不仅如此，基于“CHANCE方案”，王拥军还带领团队继续深入研究，针对特殊人群，提出替代治疗方案CHANCE-2，将非致残性缺血性脑血管病复发风险进一步降低到6%。在这个研究过程中，研究团队还发明了一种快速的基因检测方法，将基因检测时间从传统的几个小时缩短到了85分钟。

王拥军说，对每一个患者来说，只要复发就是百分之百。让复发风险低些、再低些，是他和团队始终追求的目标。为此，王拥军建立起中国国家卒中登记，发现了我国脑血管病医疗服务中存在的诸多短板，并针对这些短板研发了成套的医疗质量改进新技术。通过对80家医院的整群随机对照研究设计，在国际上首次证实该改进新技术可在不增加医疗花费的前提下，使脑血管病患者1年复发风险相对下降28%，致残风险相对下降26%。



王拥军在看病人的CT片。

（图片由受访者提供）

利用多组学和生物标志物研究，王拥军还发现炎症机制在卒中复发中的作用，并继续发起“CHANCE-3试验——关于秋水仙碱用于缺血性脑血管病的二级预防”。目前，有300家医院参与开展该研究。

从业以来，王拥军一直身在医、教、研、防一线，作为医院院长，他始终坚持教育、科技、人才“三位一体”，积极搭建中国脑血管病临床诊疗人才梯队。鉴于我国缺乏临床科研的培训体系状况，他创办了首都医科大学临床流行病学与临床试验学系，并出任系主任。

“我希望能培养更多的神经内科医生，利用这个‘机会’，让更多患者找到生存的希望。”采访结束时，王拥军如是说。

京津冀携手 推动科普资源共享

科普时报讯（记者**张英贤**）近日，京津冀三地科学技术协会（简称科协）在北京科学中心举办了科协组织助力京津冀协同发展座谈会。会上，三地科协围绕全面战略合作框架协议进行了讨论，明确了合作项目及未来3年交流计划，将推动京津冀三地科普资源、专家资源、活动资源共享。

北京市科协党组书记、常务副主席沈洁介绍，围绕公民科学素质提升，目前京津冀三地协作搭建了科普交流平台，共建了京津冀青少年科技创新交流活动平台，支持成立了京津冀科学教育馆联盟，联合开展了京津冀科普资源推介会、京津冀公民科学素质大赛等活动，推动科普资源共建共享，推动三地科普产业在园区、项目、人才各个领域的对接。

天津市科协党组成员、副主席罗进飞说，天津市面向全市征集科普工作、活动、作品、传播品牌超过140个，打造特色鲜明、影响广泛的科普品牌，形成了全域科普品牌矩阵。未来将积极开展“科创中国”天津行动，发挥科技工作者的科普主力军作用，强化“科创中国”服务队科普职能，助力京津冀地区科普工作质量和水平提升。

河北省科协党组书记、常务副主席王海龙表示，河北多次举办京津冀地区科普活动，三地将合力打造跨区域科普工作品牌，加强科技文化场馆的联合互动，加强科普资源共享。

北京市科协相关负责人透露，在京津冀科普资源共享方面，未来三地将联合打造跨区域科学传播活动品牌，探索京津冀三地青少年科学科技创新教育机制；搭建线上“科技馆之城”服务平台，打造京津冀科技科普文化旅游协同发展的科学传播文化品牌；合力打造京津冀科学传播全媒体矩阵，深化网络和新媒体端的宣传合作；建立应急科普联合传播机制。