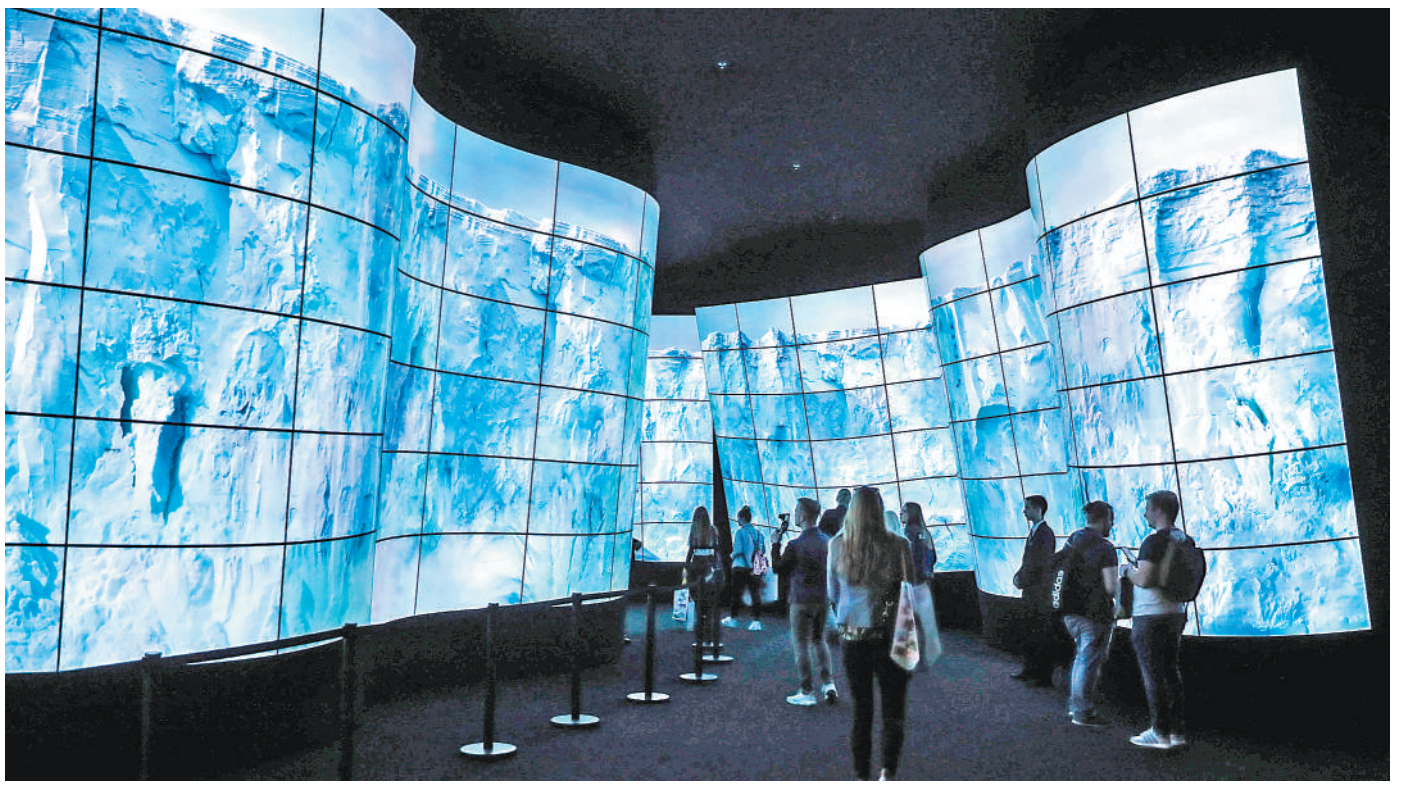
柔性电子，不断刷新你的认知

经济日报·中国经济网记者　郭静原　实习生　程曼诗

热点追踪

前不久，华为首款折叠屏手机一经发布便成了人们热议的焦点。四四方方、坚硬、不可扭转的屏幕如何做到折叠？其实，折叠屏只是柔性屏的一种，是在柔性电子技术的积累上发展而来——无论在外形还是功能上都将不断刷新人们的认知，带来全新体验。



生活中，柔性电子可不只折叠屏。未来，从手机、平板电脑、电视这些日用电子产品开发，到医疗、信息、能源、国防等多领域发展，柔性电子都将一展身手。在日前举行的第二届柔性电子国际学术大会期间，由中国科协推出的“科学麻辣烫”沙龙活动聚焦柔性电子技术发展，邀请多位行业专家学者共话柔性电子将如何改变人类未来。

“以柔化刚”助力万物互联

“人机交互”是一个有魔力的词语，它生动诠释了从人类适应计算机到计算机不断适应人类的发展过程。目前，科学家们正试图以柔性电子器件为媒介，建立人与外界之间的信息传输系统。

而柔性电子概念的提出，可追溯到对有机电子学的研究，大约起步于上世纪80年代，人们试图用有机半导体替代硅等无机半导体，从而使有机电子器件具备柔性特点。

2006年，科学界首次提出了可延展无机柔性电子的概念，并实现在脆性硅薄膜不改变其电子学性能的情况下具有柔性和延展性。随后又衍生出一些优化的结构设计，使得电子器件的机械性能更加优良，可以承受拉伸、扭转、弯曲等复杂变形。

针对目前市场上种类繁多的折叠屏手机产品，清华大学材料学院副院长沈洋认为，屏幕对折主要得益于显示材料的柔性化。但折叠屏手机还不够“柔”，因为每部手机中都有几百个关键电子元器件，这些器件依然是硬质的。“未来，如果这些电子元器件的柔性化程度足够高，手机不仅能对折，还能卷曲甚至完全折叠。”

“以柔化刚”打造电子器件应用新形态。“柔性电子技术可以改变传统信息器件、系统的刚性物理形态，实现信息获取、处理、传输、显示以及能源的柔性化。”清华大学柔性电子技术研究中心主任冯雪表示，柔性电子将推动信息与人、物体、环境的高效共融，有助于构建“万物皆互联”的新时代。

冯雪告诉记者，柔性电子技术已在生物医疗领域开展了非常重要的应用，包括无创血糖测量、光电血氧传感器、坐骨神经电信号采集、类皮肤柔性变形传感器、碳纳米纤维泡沫柔性压力传感器、类皮肤柔性压力传感器等系列柔性医疗电子产品，等等。

电子“创可贴”不是梦

科幻电影里，时常出现给人体植入芯片，从而达到操控人体行为的桥段。而如果将芯片像创可贴一样贴在皮肤上，不对人体造成伤害，你会接受吗？柔性电子技术的发展将这一大胆想法照进现实——没有伤口，就能应用于医疗感知并获取大量身体信号和数据。

“比如对糖尿病人来说，血糖监测是治疗中的一个重要环节，但传统方法是扎手指，每天都要扎好几次。而我们可以利用柔性电子技术，只要贴在皮肤表面就能驱动血管之间的葡萄糖流动并开展监测。”冯雪说。

冯雪介绍，清华大学柔性电子技术团队已设计和大规模制备出价格低廉、且能够监测人体体温和心电信息的柔性电子器件。它形似创可贴的胶片里镶嵌可弯曲的监测芯片，贴附在人体表面，可将生理指标无线上传至手机应用或云端，让使用者快捷方便了解身体信息，并可以反复使用，目前已通过国家药监局和欧盟CE认证。

诸如此类的柔性电子集成器件，融合了有机半导体和无机半导体技术的发展，使无机半导体器件具有可拉伸、可弯曲等变形特点，同时兼备传统无机集成器件和电路的高性能、高可靠性。“通过集成探测温度、应变、加速度等传感元件在柔性电子器件上，就好比‘人体联网’，可实现对体征信息的获取；未来，还需要突破可靠的制备工艺、动态耐受性等技术挑战。”新加坡南洋理工大学材料科学与工程学院教授陈晓东说。

“这种新型电子器件的刚度比人体组织要小很多，因此贴附到人体组织上后，不会造成人体的不适感。”北京航空航天大学固体力学研究所副教授李宇航指出，可延展性能正是柔性电子独到的力学特性，由于人体器官组织的表面形貌异常复杂，如果器件不具有可延展性，是无法贴附在柔软组织上的，而这一点传统导线并不具备。

据联合国统计，到本世纪中期，中国将有近5亿人口超过60岁。对于人体健康的关切，成为未来社会需求的重要方向。特别是针对老年人慢性疾病和婴幼儿体征的实时监测，成为这种新型医疗器件的重要应用方向。

上图　参观者在第58届柏林国际消费电子展上体验柔性OLED电视。（新华社发）

左图　在第二届柔性电子国际学术大会上，研发人员现场展示可任意卷曲弯折的超薄柔性芯片。　周　烨摄

测量血压、血糖的“创可贴”，检测生理指标的衣服、可以监测尿液的纸尿裤、人工肌肉……这些智能化可穿戴设备的制造都将通过柔性电子技术实现。人们还可以通过远程医疗的方式开展身体健康监测，降低医疗成本，普惠大众。

“采用柔性芯片技术可以设计出更加轻薄柔软的电子感知系统，它们能够与机器人或人体更好贴合，对环境的感知也将变得更加灵敏。”柔性电子与智能技术全球研究中心柔性芯片技术研发团队负责人王波表示，柔性芯片将持续对人工智能和医疗等领域产生深远影响。

集聚多学科智慧协力攻坚

如今，柔性电子技术已成为世界范围内电子技术领域的研究热点。“澳大利亚的柔性电子技术研究主要集中在太阳能电池领域，利用柔性电子技术实现印刷，并打印成太阳能电池等产品。”澳大利亚昆士兰大学教授、澳大利亚科学院院士保罗·伯恩认为，柔性电子技术的发展需要不同学科的人相互学习，求同存异，以促进更多合作、促成更多创新及研究成果。

就在本届大会上，柔性电子与智能技术全球研究中心研发团队还发布了两款可任意卷曲弯折的超薄柔性芯片。两款芯片厚度均小于25微米，不到一根头发丝直径的四分之一。

研发人员在现场演示了由两款柔性芯片组成的柔性微系统功能。两款柔性芯片分别是运放芯片和蓝牙SoC芯片，其中运放芯片能够对模拟信号进行放大处理，而蓝牙SoC芯片则集成了处理器和蓝牙无线通信功能。与传统芯片相比，最新发布的柔性芯片不仅非常薄，而且柔韧度很好。拿在两根手指之间，轻轻一捏，柔性芯片就会弯成弧形但不会损坏。

不过冯雪指出，柔性电子技术发展目前还处于起步阶段，其最大的特点是多学科交叉，将不同行业、不同学科的人吸引在一起，通过彼此碰撞以提供不同思路及问题解决方案。

在陈晓东看来，未来柔性传感器还将占据5G时代发展的重要位置，“把设备做成可弯曲、可延展的状态，戴在身上、手臂上没有任何感觉，并且可以呈现关于人体信息的所有数据，这是科学家对未来柔性传感器更高的境界和追求”。

对此，柔性电子技术协同创新中心与清华大学柔性电子技术研究中心共同发起成立Flex.net学术联盟。该联盟整合了各方优势资源和创新力量，下一步将通过共建、共享、共用，构建柔性电子技术产学研生态系统，大力推进柔性电子技术从实验室走向产业化。

新技术“解毒”放射性水污染

本报讯　记者商瑞、通讯员刘晓艳报道：日本福岛核电站事故造成周边水环境严重污染，至今让人们对放射性水污染心有余悸。日前，天津大学牵头联合6家单位在水体污染控制与治理重大科技专项课题资助下，成功研发出污染应急处理技术及装备，可解决地下水放射性点源污染问题，实现出水符合饮用水卫生标准。目前，该技术已成功应用。

针对突发核事故造成的放射性污染，天津大学环境学院课题组开发了逆流吸附—超滤除铯、造粒沉淀—超滤除锶和化学沉淀—超滤除碘技术，并研制出3套应急处理装备。一旦发生相关事故，应急处理装备可随时运抵事故现场，针对突发放射性污染泄漏开展应急处理——对于放射性有害物质的去除率达90%以上。

同时，根据持续低放射性污染水源水多含铀、钍、镭等核素，处理难度大的问题，该课题组提出了集成工艺一体自动化治理模式。新研发出的“混凝沉淀+多介质吸附+超滤+反渗透”组合净水系统，可适应集中式给水厂的放射污染处理。经过净化后，水中放射性指标去除率接近100%，处理出水达到《生活饮用水卫生标准》要求。

该课题组还开发了铯、锶、碘核素高效去除吸附剂。其中，硅基钛酸盐复合除锶吸附剂对自来水中不同浓度锶离子的去除率达到99%；硅基SiPyR-N4阴离子除碘吸附剂，对于碘离子的去除率高于90%；硅基磷钼酸铵复合除铯吸附剂，对铯的去除效率甚至超过98%。

针对饮用水处理过程中产生的浓缩废液和废渣，该课题组还研发了放射性废物活性粉末混凝土固化技术和真空膜蒸馏浓液浓缩技术，确保真空膜蒸馏系统出水和放射性废物固化体关键指标满足国家相关标准的要求，实现了放射性废物的固化、稳定化。

白内障应早发现早治疗

本报记者　吴佳佳

年龄相关性白内障又被称为老年性白内障，是最常见的白内障类型。我国约有300万白内障失明患者，且随着患病人群逐渐增多危害日益突出。应该如何预防白内障？经济日报记者采访了相关专家。

据了解，在中老年群体中，白内障具有较高发病率，且随着年龄增加，发病率也呈上升趋势。相关调查统计显示，50岁至60岁老年人年龄相关性白内障发病率为60%至70%，70岁以上为80%，80岁以上的患病率近乎为100%。

上海中医药大学附属上海市中西医结合医院眼科主任医师李春霞指出，年龄相关性白内障的预防是一个系统化、综合性的过程。在此过程中，我们需要从饮食习惯、健康教育、行为习惯等多个方面入手，开展有效预防和控制。生活中，虽然白内障常常被人提及，但很多患者尤其是老年人，对白内障没有产生足够重视，或者没有认识到预防和控制白内障进展的重要性。

日前，“看清美好”年龄相关性白内障关爱行动在北京启动，旨在通过专业的全病程管理延缓疾病发展，给予患者治疗信心与希望。该项目共涉及两方面内容：一是通过在全国多个重点城市开展专业白内障检测和诊断活动，为当地群众带来疾病科普等一系列科普活动；二是开展白内障的全病程管理和保障，通过公益义诊、疾病保险等多种形式帮助老年人了解白内障，保障生活质量。

“大家通常认为，年龄相关性白内障仅能通过手术治疗，对药物的作用没有清晰认知。”李春霞表示，年龄相关性白内障的初发期发展甚慢，可达数月甚至数年，有的患者甚至长期停留在此阶段而不发展。而这些尚未达到手术治疗标准的患者，可以选择合适药物治疗，以缓解疾病症状，能够大幅提升患者生活质量。

对于白内障的预防及保健等问题，李春霞建议：第一，要避免强光和紫外线，特别是外出旅游或者到紫外线强度比较大的地方，都需佩戴墨镜预防紫外线；第二，避免机体长期处于高渗透压，即缺水状态，可以有效避免白内障的产生；第三，用眼时间不要过长，在感觉眼部疲劳时可以进行眼部保健按摩，除此之外，还要注重维生素的摄入，使眼部营养得以改善。

区块链存储四大优势不可不知

本报记者　钱箐旎　实习生　张子悦

存储并不是个新词，随着互联网技术的快速发展，企业级存储、云存储等已成为人们工作生活的标配。与此同时，伴随区块链技术的发展与成熟，区块链存储的优势和特点开始受到多方关注。

区块链存储是指用区块链激励构建的去中心化存储系统，是区块链和存储系统的有效结合。区块链存储将全球的存储节点池化，构建成一个规模巨大的全球统一、全球共享的存储池。“存储是数字形式存在的实体经济，其上链的过程可以完全通过代码来控制。而且，分布式存储能够通过将数据分散在多处，来增强数据的可靠性、可用性、异地容灾性等特性。此外，存储还有去重的特性，也就是用户越多，成本越低，适合用区块链来激励。”在YottaChain创始人王东临看来，正是基于以上几点，让存储成为区块链技术的最佳落地应用场景。他还强调，对于非代码和线下的事物，应用区块链的难度会很大。

从存储的角度看，目前行业内主要有4类存储：桌面级存储、企业级存储、云存储和区块链存储。“从桌面级存储到云存储的发展过程，是不断提高数据可靠性的过程。单块硬盘的可靠性遇到瓶颈就用多块硬盘（桌面级到企业级），单个服务器的可靠性遇到瓶颈就用多个服务器（企业级到云存储）。”王东临表示，现在发展到区块链存储，就是由于单个数据中心的可靠性遇到了瓶颈，于是就采用多个数据中心，把数据存储到全球上千万个节点上，进一步提高数据的可靠性，实现商业意义上的绝对安全可靠。

经济日报记者了解到，与企业级存储、云存储相比，区块链存储的优势主要体现在四个方面：

一是可靠性更高，区块链存储将数据存储到全球上千万个节点上，不是用的多副本模式，而是更先进的冗余编码模式。这有效避免了单点故障带来的负面影响。仅在硬盘故障这一项上，区块链存储的可靠性就比云存储高10的64次方倍，综合可靠性也至少高1万倍以上。

二是服务的可用性更高，区块链存储同样通过把负载分散到各地的节点上，来提高可用性。在服务可用性上，区块链存储比云存储至少高1亿倍。

三是成本更低，区块链存储成本低的根本原因在于区块链技术对去除数据重复率的问题有良好的解决能力，通过数据去重能将成本降低5倍至10倍。同时，区块链存储能降低数据冗余率，从而降低成本。此外，每个存储节点的建设成本也较低。据介绍，区块链所采用的边缘节点架构，对硬件的需求度较低，比搭建中心化数据存储中心的成本要低得多。

值得一提的是，业内专家指出，区块链的边缘存储系统并不需要专门冷却。中心化数据存储中心的制冷需要专门的制冷系统，而这个制冷系统运行中的耗能大约是服务器耗能的0.5倍至1倍，如此导致了大量能耗成本支出。而区块链的边缘节点作为存储矿机可以自然冷却。

四是异地容灾性更强，对于传统的中心化存储来说，一般两地三中心就属于最高级别的容灾，且建设成本高昂，这也是目前世界上很多大型企业、机构的容灾率都很低的原因之一。但区块链存储的“千地万中心”特征，能显著提升容灾级别，把中心化存储里是奢侈品的“容灾”变成标配。

需要注意的是，在中心化存储中，企业通过内控来保密数据。但在区块链存储中，数据分布全球，无法通过内控解决保密问题，因此必须对数据加密。对此，王东临表示，区块链存储的技术核心就在于分布式架构技术和密码学技术。在他看来，把加密和去重这两项看似矛盾的技术结合起来，将成为中国区块链项目从世界范围内突围而出的决定性优势。

与此同时，还应看到5G技术可能给区块链存储带来的机遇。王东临说：“区块链技术虽然具有非常多优势，但是存在一个明显缺点：性能瓶颈。中心化存储在性能上要远远超过区块链存储。而随着5G时代来临，5G技术性能的高速率、低延迟特性，将会大大提升区块链性能，改善区块链由于存储导致的性能问题。从另一个角度说，节点数众多、数据量大、流量大的区块链存储，也同样是5G技术的‘杀手级’应用。”

全球创新指数2019：

中国排名再创新高

本版编辑　郎　冰
联系邮箱　jjrbxzh@163.com