



这张创意图旨在表达纤维、电子、芯片等在未来将融为一体。

大纤维：编织未来智能世界

■江世亮

所有故事源于纤维的改变

作为构成物质世界和生命体基本组分（单元）的纤维和我们人类的生活息息相关，衣被天下的棉麻桑罗、维持生命的基本膳食，究其本源无不是纤维。

说到纤维，人们马上会联想到一维形态、柔韧性很好的纤细物态。然而时至今日，纤维还是那个纤维，但其内涵已大大改变。由于纳米材料、高分子、半导体电子器件、软件工程、纤维改性等诸多学科和技术的介入，纤维在变得更纤细、更耐磨、更抗拉的同时，正在被赋予电学、光学性能和信息收发、储存功能。目前，国内外实验室都已获得能接收传输电信号或是能发光、发热、储能的纤维。

一个以新型纤维材料为基础，具备多材料、多结构、多功能特点，能够感知、计算、储能、通信、执行的新型智能材料家族，已经开始出现并走向市场。与此同时，纤维的超高性能化和绿色化将成为未来主流趋势；智能、超能、绿色特征的进一步交叉融合，将催生许多全新的纤维品种，其中相当比例最终将转化为巨大的商业价值。这一大类完全跨界的未来新型品类称为“大纤维”，支撑大纤维的是一门新的交叉学科，不妨叫“大纤维科学”。

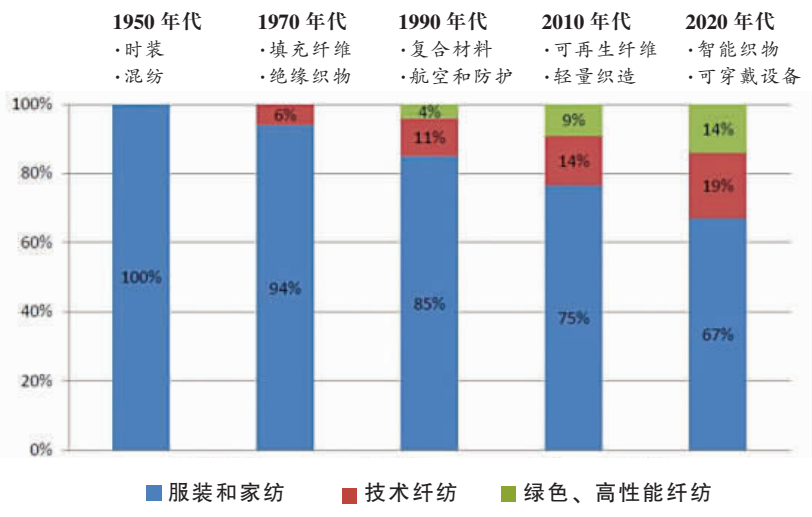
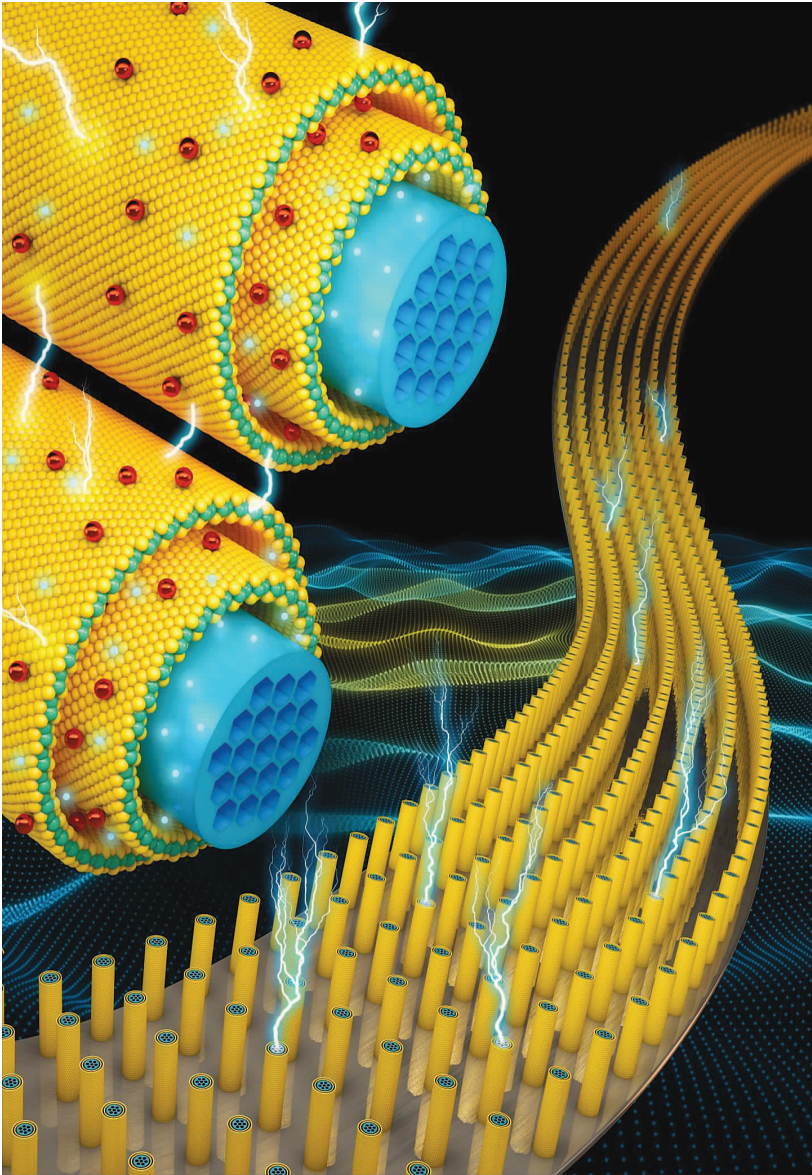
中国人首先提出“大纤维”概念

值得一提的是，由中国跨界专家组成的一个工作组两年前就关注到这一大变革趋势，并一直在不遗余力地做这方面的信息收集、研判、传播工作，并在一年前提出“大纤维”概念。所谓“大纤维”，是指基于材料、信息、机械、生物、能源等学科领域的技术突破与交叉融合，以“智能、超性能、绿色”为特征，具有多功能、多结构、多材料特性，能够对传统产业集群起到高渗透性、颠覆性、革命性提升效果的新一代纤维。

上述大纤维定义已得到包括美国工程院院士程正迪教授在内的一批该领域权威专家认可。他们认为，“大纤维”的表述较智能纤维等，更接近现在人们对这场纤维革命本质的理解。

纤维改变导致的性能上的变化，使得织物和服装由原先的低功能物品转变为高技术物品成为可能。美国在一年半前提出“革命性织物和纤维”的概念，这里说的革命性织物和纤维就是多材料、多结构的智能纤维。在这样的纤维变革背景下，未来纺织业将不再只是纺纱织布的概念，而是在提供满足各种保暖、美观需求的同时，派生出健康健身、节能环保、智能通信服务等一系列功能产品和服务行业。这也将是继 20 世纪硅基芯片发明带给人类社会翻天覆地变革后，由纤维带来的势必搅动 21 世纪社会进步进程的产业革命。

从 2014 年起，德国就确立了名为“未来纺织”的国家级战略项目（futureTEX）。在德国人看来，今天的



纺织业已不再是一个传统产业，而是基于新材料、节能环保、智能产品等创造出的全新行业、产品和服务。德国人对纺织业的定位是：“要让新型纺织、纤维作为工业 4.0 的急先锋，成为德国最有创新活力的行业之一。”同样在欧盟重塑纺织服装产业的创新计划中，高性能、多功能和智能化纤维都是核心主题。

全球范围有关纤维改性的实验室工作，2007 年起就在《自然》杂志等刊出。历经十年发展，特别是近年来随着纳米、材料、电子、信息等科技的加快渗透，这方面的发展出现拐点式增长势头。据美国领导革命性纤维计划的麻省理工学院教授芬克今年 4 月

的报告称，纤维中所含设备或芯片数量每隔 12 个月会增长一倍，这种“智能纤维的摩尔定律”将创造出一个前所未有的全新行业。

大纤维的应用领域

让我们从实用性和器物层面，来理解这场纤维革命将对人们的生活方式带来哪些影响。

T 恤=智能手机 芬克教授在前不久的一次报告中，开门见山地把 T 恤和苹果手机等同起来：苹果手机良好功能的关键在于电子芯片，它结合了电子芯片和信息交流技术的优势。但其实形成网络让人

们去交流的关键物件是光导纤维。所以，苹果手机和纤维本质上是相通的。

可穿戴电子的未来 过去 4 年，麻省理工学院的研究团队在做的就是试着让纤维的功能最大化，试着去设计和生产能当作工具的纤维。可以把科学家的工作想象成他们试图在纤维内部建立一个完整的综合插座，关键是这个综合插座不是粘贴或连接在纤维上的，而是纤维本身的一部分。

为了做到这一点，有三个先决条件：首先，这种纤维需要多种材料构成，来源多样化可导致功能多样化。其二，将不同材料聚合在一起的构建过程也是决定最后功能的重要因素。因此，材料和构建同等重要。最后是纤维的尺度，即采用什么样的尺寸才更适合纤维功能的发挥。科学家们马上想到的是，可以从集成度极高的半导体装置那里得到启示。

具有听觉的纤维 既然纤维可以辨别物体，那么它会识别声音吗？为了让纤维识别声音，研究人员把电子材料转化为纤维，并绘制出纤维图。把纤维的金属线连接起来，接到多插头插座上，这样就能听到纤维传导的声音。不仅如此，如果你对纤维说话，它就会收集声音并将其转换成电子。大约一年前，这些工作就发表在《自然·材料》杂志上。之后，麻省理工的科学家团队利用这一技术，研制出能够传递声音的纤维。这一成果的核心，就是使纤维发射不同频率的波长。

具有听觉的纤维对我们有什么吸引力呢？很多人喜欢一边跑步一边听音乐，可当你跑步的时候耳机总是掉，就会感觉很不舒服。一旦日后可以把这类纤维嵌入衣服中，形成振动波长，就足以引导声音，这样一来，就没有必要往耳朵里塞东西，衣服会直接把声音传到耳朵。科学家预计，很快人们就可能对这种实用性的纤维加以利用。

变色纤维 科学家在纤维中加入了可以显色的物质，这种物质见到光，会发生改变。在东华大学纤维材料改性国家重点实验室里，一种能主动感知外界环境并作出相关反应的纤维，可以自己发电、发光、发热、变色、变形。王宏志教授课题组经过多次反复实验，已经实现纤维在通电环境下的自主变色。只要导入 2-3 伏的低电，压刺激，纤维就能在毫秒内实现红、黄、蓝三色变化，并能保持颜色达半小时。即使在扭曲、打结和编织的情况下，仍能变色。

香港理工大学陶肖明教授前两年也开发出这种变色衣服，他们采用的是塑料光纤，目前可以将光纤与 LED 技术连接起来，以控制变色和变图案。

能发电、储电的衣服 复旦大学高分子系彭慧胜教授在近期的一次演讲中，向听众展示了他的实验室正在探索研发的智能纤维导向实际应用的各项实验，包括能发电、储电的衣服和可变色发光的衣服。未来我们穿着的衣服如果能发电的话，可以解决很多领域的用电需求，从而改变我们的生活。

要做成这种发电的衣服，首先要得到能发电的纤维。研究人员发

明了一种名为“取向碳纳米管纤维”的独特材料，它的电导率与金属相当，可以制作成纤维碳纳米管电池，然后制成衣服，这样一件衣服一个白天（10 小时）可发电 6.1 万毫安时，其电量可以为苹果手机充电 4 次。

智能纤维的其他应用 智能纤维还有其他很多功能，比如可以把它做到可发热、可制冷，以轻松应对一些极端条件。再比如，可以把有粘附功能的纤维做成手套，只要你戴上手套，就可以在墙壁上爬行，变身现实版“蜘蛛侠”。

这种独特纤维也可在医学上开展重要应用，比如香港理工大学陶肖明团队研发出一种新生儿黄疸光疗设备，称为“O-毯”，它包含一层发光织物，并夹在由面层、反光背面织物构成的覆盖织物之间。这种布料由侧发光聚合物光纤和纺织纱线组成，可提供波长 440-460 纳米的照射，强度符合美国儿科学会的标准。把这种发光纤维做成毯子，所发出的柔和光可治疗新生儿黄疸，这样就不需要把婴儿放在冷冰冰的治疗箱里，而只要将毯子裹住婴儿，就能起到更好的治疗作用，同时也无需让婴儿和母亲分开。

以上所介绍的智能纤维的各项功能，已在国内外不同实验室先后成功得到可显示的结果和数据，有些已从实验走向样品，少部分已在进行产业化前的放大试验。也正因为如此，大纤维吸引了一批风险投资基金的关注，一部分具有前瞻性眼光的创新型企业，已开始进行产业化前期布局。

当然，这一领域的中外科学家们坦言，以上进展基本上还处在实验室阶段，要将其中部分成果转化为商品，还有很多科研工作需要完善。由智能纤维催生的大纤维产业革命绝不是天方夜谭，一个新的产业领域正在萌动。

（本文基于国内外多位专家的材料综合而成，其中包括美国工程院院士程正迪教授、麻省理工学院芬克教授、佛罗里达大学陶光明博士，大纤维产业工作组王健研究员、东华大学朱美芳教授、复旦大学彭慧胜教授等，特此致谢！）

专家点评

您认为这场大纤维产业革命的本质是什么？它会影响和改变什么？

刘德明（华中科技大学教授）：

所谓“大纤维产业革命”，本质上是物联网和人工智能在纺织业的一个应用延伸，也就是通过赋予纤维“感知”和“信息处理”功能，使传统的织物变得拥有生命和智能。从这个意义上讲，可以称之为一场产业革命。

这场产业革命将影响和改变纺织行业的各个方面，首先是智能纤维技术，涉及到纺织业和与互联网技术的密切结合；其次是生产技术，即如何让智能纤维与织物有机融合；第三是设计技术，主要解决这种具有生命的智能织物如何与传统的设计有机结合；最后是应用技术。

毫无疑问，在这场产业革命中，人工智能（具体即指智能纤维技术）至关重要，但纺织业仍然是这场革命的主导力量，是最基础的东西。

这场纤维革命虽发端于织物，但它影响和改变的远非纺织业。您认同这样的理解吗？

邱建荣（浙江大学教授）：

认同。比如智能服装能通过纤维收集着装者的心跳数、姿势、位置、心电图等，及时了解其健康状况。智能服装可以说是各种功能元器件的集成系统，对各种纤维的构型和功能提出了新的更高要求。新的应用会促进人们对纤维以及其它材料的认识。

您认为中国该如何抓住这场产业革命的机遇？

现阶段已经得到学界的普遍认同，感到这是一个很好的契机。接下来需要从上到下布局筹划，加大宣传普及，组织力量，进行实施。

为什么市场上还没有看到成熟的智能服装产品？

陶肖明（香港理工大学教授）：

主要是产业链的问题。目前智能服装的产业链还不存在。单个器件无法应用，必须成为系统，才能进行应用。由于智能服装涉及的产业链很长，从器件到硬件、到软件、到服务、到标准，没有现成可借用的产业链。

另外就是缺少横贯纺织和电子两个领域的人才。智能纺织品是纺织和电子两个领域的跨界融合，虽然这两个领域单个的发展都很成熟，但缺少连接的桥梁。

作为大纤维概念的提出者，您和大纤维工作组专家提出这一概念的基本判断是什么？上海在其中可能发挥怎样的作用？

王健（中国科技自动化联盟秘书长、大纤维产业工作组组长）：

我们的基本判断是：作为下一代工业革命使能技术，大纤维将给下游许多产业带来深刻的影响，并从根本上改变这些产业的生态，从而诞生一个庞大的新兴产业集群。“大纤维产业”将有力推动下一次工业革命的到来，彻底改变我们的生活方式，极大地促进人类社会的进步。

我们呼吁通过协同创新，把上海建设成为大纤维材料与器件新技术和高端人才的发源地，促进信息、汽车、生物、医学、能源等相关领域的快速发展，推动上海乃至全国的产业升级，在整体水平上超越其他国家，领跑国际市场。

大纤维的产品形态

一维纤维：

基于光导纤维、无机纤维、有机纤维、金属纤维、生物纤维、天然纤维等基础纤维，通过智能化、绿色化、超能化技术改进的新一代纤维。

二维织物：

将大纤维与基础纤维进行有机结合，通过特殊的加工工艺，如编织、互联等，形成具有智能、超能、绿色等特征的新型二维织物材料。

三维器件：

通过三维集成技术将多层二维织物堆叠结合，或将一维纤维与传统三维器件结合，通过穿透衬底的三维互连，实现器件的智能化、超能化、绿色化。



今后，可穿戴设备都可内置为纤维或服装的一部分。