

# 3D打印食品的配方：可食用材料的增材制造

渥太华大学的研究人员已经确定了影响3D打印食品质量和复杂性的因素。该研究发表在《流体物理学》上，强调了在食用材料的增材制造中考虑这些因素以提高质量和效率的重要性。这有可能有助于解决全球食品供应和营养挑战。

研究人员确定了影响增材制造生产的可食用材料的质量的因素。3D打印食品需要考虑食品供应和营养方面的全球挑战。但是在调整增材制造以生产可食用材料的过程中存在着一些障碍。

在AIP出版的《流体物理学》中，渥太华大学的研究人员Ezgi Pulatsu和Chibuike Udenigwe确定了一系列影响用增材制造的食品的打印质量和形状复杂性的因素。考虑到这些特征可以提高食品质量，改善控制，并加快打印速度。食品的快速成型制造包括设计(3D形状及其几何代码)、预处理(食品油墨制备)、制造(沉积层以创建形状)和后处理(烘烤、煮沸、烹饪、冷冻、煎炸或干燥)。每个步骤都是创造创新食品的机会。

改变初始混合物或糊状物的印刷图案和成分可以影响食品的质量和微观结构，从而使其质地。

添加剂制造中该混合物的流动也很关键，有时会通过控制成分和工艺条件来鼓励或阻止。

“基于挤压的3D打印是最适用于食品的技术，”Pulatsu说，“它一个装着食品糊状物的注射器——如果泥、面团或糖霜——被直接(推动柱塞)或间接(压缩空气)从一个喷嘴中挤出。”

创造一个稳定的连续流动是成功打印的第一步，因此可以通过以可控的方式将串状材料分层来生产设计的形状。一旦沉积了一层，就

不再希望它流动；否则，它将破坏创造的形状。

后期处理——通过烘烤、煮沸、烹饪、冷冻、油炸或干燥——从物理和化学上改变食物的微观和宏观分子，并导致各种质地和口味。同时，形状应被保存或仔细控制。

“我们还有其他通过不同的3D打印技术创造食品结构的机制，”Pulatsu说，“例如，材料喷射使用沉积在粉末上的液体粘合剂来形成自支撑层，也可以使用沉积后硬化的液体油墨。”

使增材制造对食品行业更有效的一个方法是建立一个打印路径(一系列计算机控制的运动)。



“未来的研究应该探索不同技术在构建时间方面的成本效率，其中形状的复杂性和工具路径策略——涉及打印路径、移动头速度和非打印运动——也被考虑在内，”Pulatsu说，“食物是生活的必需品，而且由于全球人口的增加和环境的变化，它变得更加关键。因此，新型食品和基质的设计与厨师、食品科学家和工程师协商，并符合当前的需求。”

(航柯)

# 基础科学进步可带来高效、更多彩的OLED

创造下一代有机发光二极管(OLED)显示器的挑战是找到一种在不降低电气效率的情况下提高色彩亮度的方法。现在，研究人员已经找到了一种方法，通过应用一个基本的科学原理来实现这一目标。

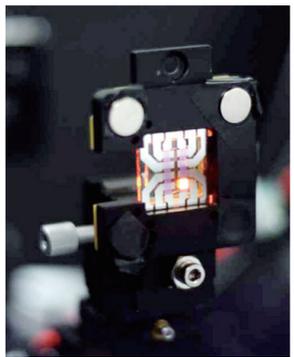


和激子(物质)表现出足够大的相互作用时，它们可以强耦合，产生所谓的激子偏振子。这个原理可以比作两个耦合的钟摆之间的能量传递，只不过这里是光和物质都在相互耦合，不断交换能量。”

研究人员发现，通过将OLED嵌入由金属材料制成的薄层之间，可以大大改善光和有机材料之间的耦合，这种材料已经被广泛用于显示行业。

为了避免通常导致的效率下降，研究人员添加了一层单独的强光吸收分子薄膜，就像有机太阳能电池中使用的那些分子。他们发现，附加层放大了强光-物质耦合的效果，而没有明显降低OLED中发光分子的效率。

该研究的主要作者Malte Gather说：“由于效率和亮度与商业显示器中使用的OLED相当，但色彩饱和度和色彩稳定性明显提高，我们的基于偏振子的OLED对显示器行业具有很大的意义。”



虽然基于偏振子的有机发光二极管(POLEDs)在科学界已经众所周知，但它们的实际应用一直受到能源效率差和亮度低的阻碍。随着这些问题现在得到解决，研究人员希望他们的工作不仅能产生下一代的OLED显示器，而且在激光和量子计算方面有更广泛的应用。

这项研究发表在《自然-光子学》杂志上。

(逸文)

# 美国研究机构发展用于碳纤维制造的生物基丙烯酸原料



Trillium 可再生化学公司员工在该公司位于美国西弗吉尼亚州查尔斯顿的试验生产线上的工作，该生产线生产源自豆油原料的生物基丙烯酸。Trillium 已获得A轮融资，并将很快在美国某地建立示范生产工厂。该公司正在与索尔维公司合作评估生物基丙烯酸作为石油基丙烯酸的直接替代品的可行性。

陈济彬

2月24日，美国《复合材料世界》网站报道称，碳纤维复合材料尽管具有重量轻、强度高、耐用等优点，但也同时包含一些明显缺点，在一个迅速转向强调低CO<sub>2</sub>足迹和全面脱碳发展的世界中，这些缺点并不能很好地适用于可持续发展要求。其一是生产碳纤维需要消耗大量能量，耗多少取决于其原料来源，每制造1吨碳纤维最多可产生30吨CO<sub>2</sub>。其二是原料丙烯酸，它是用于生产碳纤维前驱体聚丙烯腈(PAN)的主要原料，聚丙烯腈传统意义上主要来源于石油基化学品。碳纤维制造中使用的绝大部分能源被一系列高温氧化(碳化、石墨化)炉等消耗，PAN基碳纤维在氧化和碳化成为碳纤维的过程中必须要经过这些设备的处理。

正如预期，为了减少对现有能源的消耗，整个行业重点考虑更换能源，重点从可再生资源(包括水力、太阳能和风能)中采购能源，这种做法在碳纤维脱碳的进程中相对容易实现。除此之外，也有部分从业者选择可以缩短工艺流程时间的技术，例如由澳大利亚阿德莱德大学开发的快速氧化技术，经授权美国莱蒙德公司(LeMond)成果转化，并在2019年通过法国必维国际检验集团(Bureau Veritas，

BV)的审核，该技术可以使生产的每千克碳纤维所需能量减少70%。但是，这类技术尚未实现商业化。

减少前驱体的碳足迹更具挑战性，通常采取以下两种途径实现。其一是从非PAN的生物基来源开发一类新型前驱体，造纸行业中产生的一种纤维素副产品木质素，一直是这项工作关注重点，但迄今为止，利用木质素还无法生产出机械性能与PAN基碳纤维相当的产品。

其二是从生物基来源寻找PAN——也就是说，找到一种生物基PAN，使其在化学性能方面与石油基PAN相同，一旦成功即有可能在碳纤维制造过程中实现原料直接替代。从材料特性的角度分析，这种技术路径更有可行性，但面临的挑战之一就是成本问题。相比石油基PAN，生物基PAN是否具有成本竞争力?

## 生物基聚丙烯腈(PAN)的起源

2019年，美国南方研究公司(Southern Research)开展了一项研究，旨在开发一种具有成本效益的工艺，能够从非食品碳水化合物中制造聚丙烯腈。该计划围绕利用从木基生物质中提取并通过水解精制得到的木糖和葡萄糖(又名C5、C6糖)展开。制备过程的关键是将糖类原料经历三种催化剂，通过每种催化剂时产生一



纱架上的聚丙烯腈(PAN)由丙烯腈(ACN)聚合而成，它是碳纤维制造中最常用的前驱体。丙烯腈通常来自石油基原料，这使得生产碳纤维的碳足迹相对较大。发展为基于生物基的丙烯腈将大大改善丙烯腈原料的可持续性发展现状。

# 超材料混凝土为智能、自供电的基础设施奠定了基础

世界上有众多令人惊叹的混凝土建筑。但是，混凝土这种最广泛使用的建筑材料也有令人难以置信的碳足迹，其能源密集型生产占全球排放量的8%。这令工程人员转向其他建筑材料，如亚麻和不同的混合物，以获得更环保的复合混凝土。

现在，匹兹堡大学(Pitt)的工程人员旨在通过他们的轻质、多功能、高适应性的智能基础设施产品将其提升到一个未来的水平，该产品可以根据不同的建筑进行定制，甚至可以产生自己的电荷。

该研究的通讯作者、皮特大学土木与环境工程助理教授阿米尔·阿拉维说：“现代社会普遍使用混凝土，这种建材是最初由古罗马人创造的。在我们的基础设施项目中大量使用混凝土意味着需要开发新一代的混凝土材料，使其更加经济和环境可持续，

同时提供先进的功能。我们相信，通过在建筑材料的开发中引入超材料范式，我们可以实现所有这些目标。”

超材料是由导电水泥基体中的增强型辅助聚合物格子组成的。研究人员用石墨粉增强的导电水泥形成了电极，机械触发器可以在各层之间产生接触性电化。它不能产生足够的电力输送到电网，但它有可能被用来监测混凝土结构内部的损害——例如，在发生地震时。

在物理上，超材料本身可以进行微调，以适应建设的需要，切换其灵活性、形状和脆性，并在测试中可以压缩到15%，同时保持其结构完整性。

阿拉维说：“这个项目提出了第一个具有超级压缩性和能量收集能力的

种中间材料，同时也产生一种化学副产品：

1. 加氢裂化(用H<sub>2</sub>)生产中间体甘油；其副产物是乙二醇、山梨糖醇、低碳醇和水。

2. 脱水生成中间丙烯醛；副产品是羟基丙酮和水。

3. 氨氧化(用空气，NH<sub>3</sub>)生产丙烯腈；副产品是氰化甲烷和水。

作为生物基丙烯酸研究的一部分，南方研究公司进行了全寿命周期评估(LCA)，利用基于生物基和石油基丙烯酸生产碳纤维产品，比较了其各自碳足迹。结果表明，生物基丙烯酸制造1磅(0.45千克)碳纤维成品的释放相当于1.57磅(0.79千克)CO<sub>2</sub>，而石油基丙烯酸制造1磅碳纤维成品则释放相当于3.5磅(3.58千克)CO<sub>2</sub>。简而言之，生物基原料至少在生产碳纤维成品方面实现了更少的碳排放。

在成本方面，南方研究公司的工艺对糖原料的纯度很敏感，原料纯度越高，成本越高。此前南方研究公司曾表示，计划委托一个小规模生产工厂，并寻找愿意评估生物基丙烯酸质量的碳纤维制造商。

## 生物基丙烯酸商业化进程

从2019年至今，3年的时间中发生了很多事情。值得注意的是，南方研究公司研发的丙烯酸生产工艺已获得美国Trillium可再生化学公司的认可，该公司正在将其商业化以生产丙烯酸和氰化甲烷。

Trillium公司仍然处于初创模式，于2021年初完成了300万美元的种子轮融资，然后在美国西弗吉尼亚州查尔斯顿建造了一个甘油制丙烯腈的试验工厂。该工厂使用的核心技术——脱水和氨氧化，均来自于南方研究公司，使用的原料主要来自大豆油中的植物甘油。Trillium的工艺还可以接受欧洲常见的菜籽油或亚洲常见的棕榈油中的甘油。

公司将建立一个试点工厂作为研发平台，逐步验证和优化其丙烯酸制造工艺，以此进一步推进公司发展，即在美国某地建设一个具备市场规模效应的示范工厂。据公司透露，该工厂可能会在2023年底前破土动工，到2024年中开始生产，其产能将为25千吨/周，建设资金主要来自2022年底的1060万美元A轮融资。

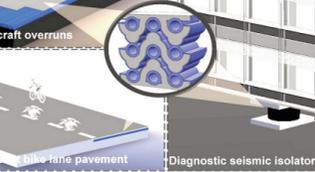


Trillium公司的生物基丙烯酸被证明与石油基丙烯酸在化学上完全相同，那么下一个问题将是生产成本。Trillium尚未透露具体数字，但预计生物基丙烯酸进入市场时其成本将很快与传统丙烯酸持平。鉴于Trillium公司已经清除了技术、市场和资金障碍，成本问题可能很快得到解决。

最终，生物基丙烯酸在市场上获得的位势将取决于它帮助碳纤维制造商实现可持续发展目标的能力。影响所有客户和地区的核心事宜就是碳足迹，丙烯酸产品的升级证明了人们可以利用化学和化学反应本身对碳足迹产生最大影响。

若Trillium公司的生物基丙烯酸被证明与石油基丙烯酸在化学上完全相同，那么下一个问题将是生产成本。Trillium尚未透露具体数字，但预计生物基丙烯酸进入市场时其成本将很快与传统丙烯酸持平。鉴于Trillium公司已经清除了技术、市场和资金障碍，成本问题可能很快得到解决。

最终，生物基丙烯酸在市场上获得的位势将取决于它帮助碳纤维制造商实现可持续发展目标的能力。影响所有客户和地区的核心事宜就是碳足迹，丙烯酸产品的升级证明了人们可以利用化学和化学反应本身对碳足迹产生最大影响。



复合超材料混凝土。这种轻质和机械可调的混凝土系统可以为混凝土在各种应用中的使用打开一扇大门，如机场的减震工程材料，以帮助减缓失控的飞机或地震基础隔离系统。”

该团队包括来自约翰霍普金斯大学、新墨西哥州立大学、佐治亚理工学院、北京纳米能源与纳米系统研究

所和匹兹堡大学斯旺森工程学院的工程师，他们相信这种多功能混凝土材料可以成为基础设施中广泛使用的组成部分，因为它“可扩展、具有成本效益，并且可以通过绿色采集能量自我维持其运作。”

而在未来的道路上，这种智能工程产品甚至可以为嵌入高速公路的芯片提供能源，以协助自动驾驶汽车。

然而，在不久的将来，该报告需要进行大规模的测试，并进一步研究如何使能量收集的纳米发电机集成材料与压力因素(如湿度、潮湿天气和温度变化)绝缘。

该研究发表在《先进材料》杂志上。

最终，经过充分验证和发展，待制造过程完全消除风险后，Trillium公司预计将在全球建造多个全速生产工厂。

碳纤维供应链受益

尽管Trillium的产品以生物基丙烯酸(Bio-CAN)的形式销售，可针对多种行业和应用，但最终决定公司发展方向的是客户和市场释放的信号。到目前为止，需求最强烈的来自碳纤维制造业。

2022年初，Trillium与碳纤维制造商索尔维复合材料公司签署了合作意向书，共同开发生物基丙烯酸供应链。根据该协议，索尔维公司将于2023年对Trillium的生物基丙烯酸进行分析，充分验证其化学成分。随后，索尔维将在2024年对生物基丙烯酸进行全寿命周期评价。

2022年12月，作为Trillium公司总价值1060万美元A轮融资的一部分，碳纤维供应链同时还带来了另一个强烈信号。碳纤维制造商韩国晓星先进材料公司在那轮融资中提供了300万美元。晓星集团表示，公司之所以被Trillium的生物基丙烯酸所吸引，是因为该产品具有很强的可持续性特征。可持续发展是晓星公司未来战略的核心，公司坚信通过强有力的合作，将使双方在可持续化学品领域的领导地位更上一层楼。碳纤维领域的投资对于Trillium来说很重要，因为这表明这一细分市场已经有了潜在的客户群体。

Trillium公司最终通过生物基丙烯酸阐述的可持续发展内容是掷地有声的，与其他一些细分市场不同，丙烯酸是唯一用于生产聚丙烯(PAN)的单体，绿色滴入式生物基丙烯酸产品的可持续性影响并不会被其他石油基产品稀释。

因此，公司技术中所传达的脱碳优势在最终产品中得到体现，丙烯腈的碳足迹减少了70%。对于碳纤维产品性能的影响，索尔维公司正在进行的全寿命周期评估工作将成为最终衡量标准。

除了脱碳，Trillium公司在不同地区调研到了不同视角下人们关注生物基丙烯酸的焦点不同，因为不同的厂商需要了解产品特性并将其推销给客户使用。生物特性、低碳属性都是不同客户关注的重点。例如，欧盟的潜在客户对在原料中使用转基因生物很敏感。他们还担心棕榈油的大量使用——来自油棕榈树的棕榈油在一些地区取代了森林以扩大作物生产，产生环保、资源等问题。公司需要对客户的这些担忧保持谨慎。

若Trillium公司的生物基丙烯酸被证明与石油基丙烯酸在化学上完全相同，那么下一个问题将是生产成本。Trillium尚未透露具体数字，但预计生物基丙烯酸进入市场时其成本将很快与传统丙烯酸持平。鉴于Trillium公司已经清除了技术、市场和资金障碍，成本问题可能很快得到解决。

最终，生物基丙烯酸在市场上获得的位势将取决于它帮助碳纤维制造商实现可持续发展目标的能力。影响所有客户和地区的核心事宜就是碳足迹，丙烯酸产品的升级证明了人们可以利用化学和化学反应本身对碳足迹产生最大影响。

若Trillium公司的生物基丙烯酸被证明与石油基丙烯酸在化学上完全相同，那么下一个问题将是生产成本。Trillium尚未透露具体数字，但预计生物基丙烯酸进入市场时其成本将很快与传统丙烯酸持平。鉴于Trillium公司已经清除了技术、市场和资金障碍，成本问题可能很快得到解决。

最终，生物基丙烯酸在市场上获得的位势将取决于它帮助碳纤维制造商实现可持续发展目标的能力。影响所有客户和地区的核心事宜就是碳足迹，丙烯酸产品的升级证明了人们可以利用化学和化学反应本身对碳足迹产生最大影响。

而在未来的道路上，这种智能工程产品甚至可以为嵌入高速公路的芯片提供能源，以协助自动驾驶汽车。

然而，在不久的将来，该报告需要进行大规模的测试，并进一步研究如何使能量收集的纳米发电机集成材料与压力因素(如湿度、潮湿天气和温度变化)绝缘。

该研究发表在《先进材料》杂志上。

(逸文)