
这项技术让废弃羽毛有了新去处

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40264.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

这项技术让废弃羽毛有了新去处。每年，有数以百亿计的家禽进入市场。肉和蛋被端上餐桌，成为日常饮食的一部分。那么，剩下的羽毛去了哪里？

除了品质较好的羽绒、毛片可进入服装、寝具等产业，更多羽毛只能被加工成羽毛粉，用于饲料、肥料等低值场景，甚至面临进一步处理压力。

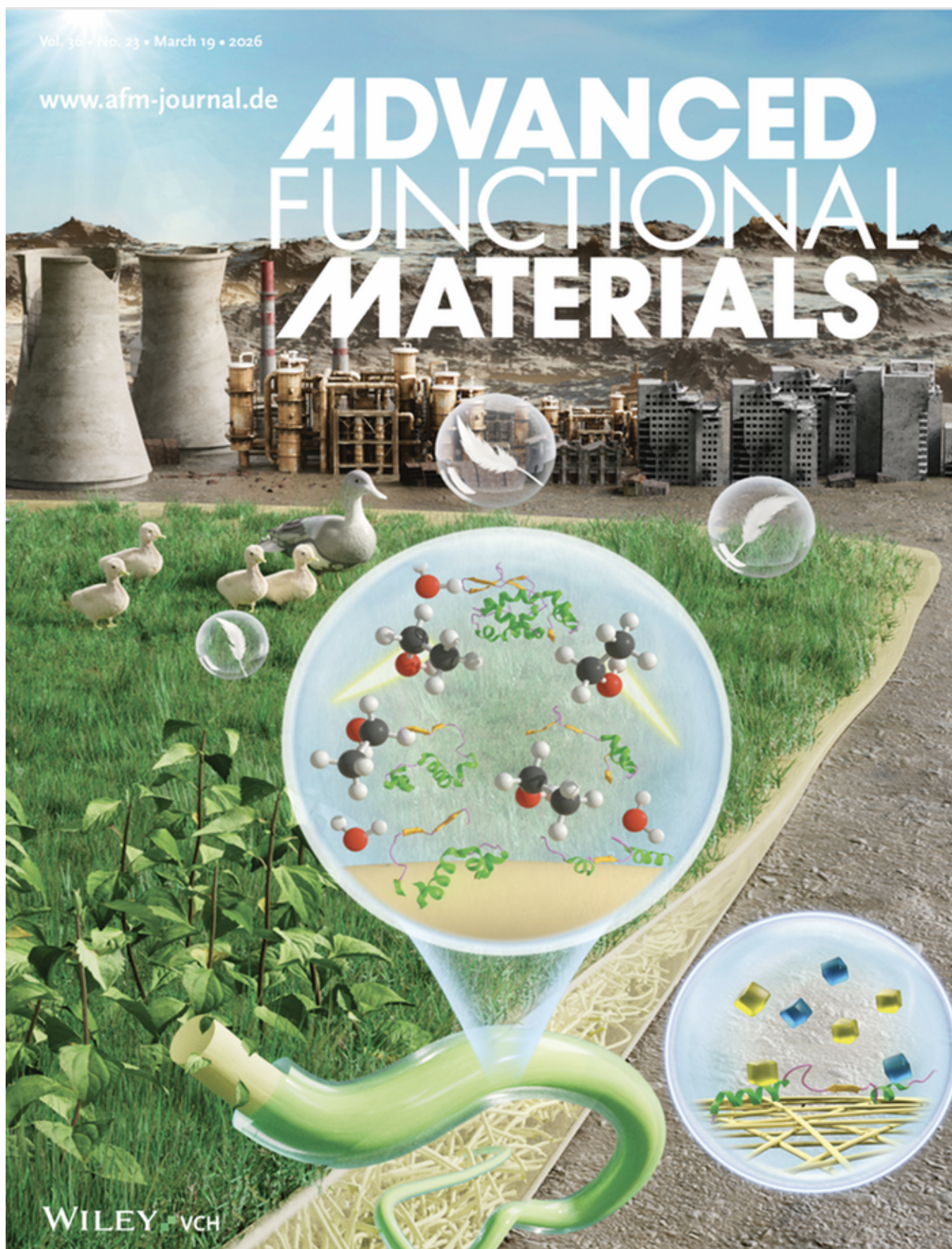
东华大学纺织学院教授赵奕团队提出了一种新思路。团队从废弃羽毛中提取角蛋白，并将其与黄麻、聚乳酸等绿色基材结合，制备出可降解功能非织造材料。这项作为棕地修复、贫瘠土地改良提供了新的技术方案，也让纺织柔性材料成为荒芜土地重焕生机的绿色铠甲。

相关研究成果近日发表于《先进功能材料》，并入选封面文章。审稿人评价：这项工作在绿色无损表界面功能化方面提出了有创新价值的方法路径是一项兼具科学价值和应用前景的研究工作。

Vol. 36 • No. 23 • March 19 • 2026

www.afm-journal.de

ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS



论文封面。东华大学供图，下同

以废治废

美国农业部调查数据显示，2025年全球鸡肉产量约为1.07985亿吨。若按羽毛约占家禽体重5%至7%计算，全球每年产生的鸡毛超过540万吨。

羽毛中富含角蛋白等有机氮源，同时常夹杂粪便、血液等废弃物，若处理不当，可能造成地下水和地表水受到硝酸盐、磷以及病原体污染。

同时，随着绿色制造理念普及，非织造材料的功能化需求持续攀升。

非织造材料由纤维随机排列后加固成型，已广泛应用于医疗防护、气液过滤、农业覆盖和土工修复等领域。赵奕介绍，如何在不破坏非织造材料主体结构和原有性能的前提下，实现其表界面的功能化，是该领域当前发展的重要问题。

一边是大量尚未被高值利用的生物资源，一边是绿色功能材料不断增长的应用需求。赵奕团队由此想到，或许可以利用废弃羽毛中的角蛋白，再结合麻纤维、聚乳酸纤维等绿色原料制备非织造布，达到以废治废的效果。

说干就干！基于团队前期在纺织表界面增效和绿色技术和角蛋白等再生蛋白的高值化利用方面的积累，他们逐渐构思出顺着纤维材料和蛋白本身特性的自动穿外衣的办法，并进一步发现微量乙醇既能调控蛋白分子状态，又能改善界面介质输运。

传统表面功能化方法就像给材料刷一层功能涂层，处理过程复杂、容易破坏材料多孔结构，还可能使用有毒试剂，难以兼顾绿色性、稳定性与实用性。论文一作、东华大学纺织学院博士生倪瑞燕介绍，团队提出的基于角蛋白自组装的绿色无损表界面功能化新策略，就像是让非织造材料自主穿上一层绿色蛋白外衣。基于该策略制备的非织造材料，在不堵塞孔隙、不损耗原有性能的前提下，具备更好的吸水保水、增强和去除污染物等能力。



赵奕（右）在指导学生做实验。

找到钥匙

这项历时三年时间的工作，并非一帆风顺。

我们最初考虑先让角蛋白自己形成纤维状结构，再进一步构建功能层。倪瑞燕回忆，因为角蛋白本身具有较好的功能活性和应用潜力，如果能先把它做成比较规则的纤维，后面也许更容易和非织造材料结合，并赋予材料新功能。

但在推进过程中，遇到了一个拦路虎。团队前后摸索大半年，做了多轮实验，角蛋白始终难以稳定成形。

科研不能一味埋头试错，要学会观察现象、复盘反思、跳出固有思维。赵奕的这句话点醒了团队。

或许关键不在于先把角蛋白做成纤维，而在于让它以更合适的状态与材料表面发生作用。换句话说，与其硬把蛋白加上去，不如让它自己找到合适的位置，再贴上去，最终形成稳定的结构。

他们暂时停下实验，重新梳理已有数据，并结合文献调研寻找突破口。最终，他们把目光转向了材料界面变化。

在反复比对不同实验条件后，一个此前被忽略的细节逐渐浮现。我们注意到，在反应体系中加入乙醇后，角蛋白在纤维表面的附着状态明显不同。论文一作、东华大学纺织学院硕士生邓琼说，这提醒我们，乙醇可能就是把这件事做成的‘钥匙’。

基于这个线索，团队将研究重点从先做出角蛋白纤维转向让角蛋白先在材料表面自己排列并低熵组装起来。

后续实验表明，这条路走对了。在反应过程中，乙醇不仅起到溶剂的作用，还能改变角蛋白分子的状态，并改善它和纤维表面的接触，使其更容易在非织造材料表面稳定下来。

对于这个此前未见报道的新现象，团队进一步结合实验表征和分子模拟等方法，分析分子结构变化与界面作用机理，逐步完善理论体系，最终阐释了乙醇诱导羽毛角蛋白自组装的分子机制。

终极目标

这类非织造材料在无土栽培、棕地修复及环境治理等领域具有应用潜力。赵奕表示，还可与植物根系及根际微生物协同作用，实现对以染料为代表的有机污染物以及氮、磷等营养盐的共同治理，并为远海乃至太空环境下的新鲜蔬菜培育提供新思路。

以棕地修复为例。棕地指工矿业遗留的重金属、有机污染物等复合污染地块，治理时往往面临土壤贫瘠、保水能力差、污染残留、植被恢复困难等多重挑战。赵奕团队开发的非织造材料，既可以帮助土壤留住水分、为植物根系提供附着空间，又能参与有机污染物吸附，与植物根系、根际微生物形成协同作用。随着植物逐渐生长，材料、根系和微生物共同构成一个小型生态修复系统，让原本贫瘠甚至受损的土地逐步恢复生机。

我们希望将这层绿色非织造布铺设在废弃化工地、贫瘠荒地上，保水固土、净化污染、滋养绿植，让荒芜的土地重焕生机。赵奕告诉《中国科学报》。



赵奕课题组合影。

为了实现这个终极目标，团队正在重点推进工艺放大、场景验证和产学研合作，推动这类功能非织造材料向规模化制造和实际应用迈进。同时，团队也希望将这套绿色表界面功能化策略进一步拓展到环境治理、生物医用、健康防护及高性能功能纺织材料等更多领域。

事实上，这也是赵奕开展科研工作的初心。在赵奕看来，真正有价值的创新，往往来自对难题的持续追问，也来自对新路径的大胆尝试。

2016年回到母校东华大学任职后，赵奕就把研究方向瞄准了非织造材料与工程领域。

现代纺织早已跳出传统衣物织造的刻板范畴。柔性纺织材料具备独特的结构优势，我们希望依托纤维表界面调控技术，开发低碳、绿色、多功能纺织材料，助力环境治理和人们美好生活。赵奕表示。

未来，她将带领团队继续以绿色低碳为导向，推动更多可持续纺织材料从实验室走向实际应用，让柔性纺织材料在更广阔的生态场景中发挥作用。（来源：中国科学报 江庆龄）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adfm.202530114>

作者：赵奕等 来源：《先进功能材料》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发