

水响应型形状记忆角蛋白复合纤维及其制备方法



制造

生物医学与基因工程/化工产品

纳米技术与新材料

传感器

废物处理/管理

机遇

开发具有生物相容性、可生物降解性和环境友好性的形状记忆材料是一个日益重要的领域。尽管像羊毛和蚕丝这样的天然生物聚合物显示出潜力，但目前从大量废弃物（如羊毛或羽毛）中生产再生角蛋白纤维的技术面临着重大挑战。这些现有方法通常依赖于复杂、不环保的化学配方和高浓度的表面活性剂。此外，所得纤维的湿稳定性往往较差，它们作为高附加值智能材料（特别是水响应型形状记忆纤维）的潜力尚未得到充分开发。因此，迫切需要一种绿色、经济的方法，将角蛋白废弃物升级再造为用于先进应用的高性能水响应智能材料。

技术

本专利介绍了一种新型的水响应型形状记忆角蛋白复合纤维及其制备方法，巧妙地解决了再生角蛋白可纺性差、湿稳定性低和缺乏功能性的问题。其创新核心在于一种模仿天然蛋白质纤维的仿生设计。首先，使用L-半胱氨酸和尿素通过还原反应从废弃来源（如羊毛）中提取角蛋白，该过程能保留蛋白质关键的 α -螺旋二级结构。关键的突破在于向角蛋白纺丝原液中加入少量纤维素纳米晶体（CNCs）。CNCs发挥了多种重要作用：它们增加了纺丝原液的粘度并引入了剪切变稀行为以提高可纺性，提供了关键的氢键，并充当了物理锚点。在湿法纺丝过程中，CNCs排列并连接角蛋白 α -螺旋，迫使其螺旋轴沿纤维轴方向排列，从而形成各向异性结构。随后，对初生纤维进行氧化处理以重建二硫键（稳定 α -螺旋），并用戊二醛进行交联以提高水稳定性及机械性能。所得纤维表现出可逆的形状记忆效应：遇水时，水分子破坏氢键，使 α -螺旋解螺旋并重排为 β -折叠，纤维变得可拉伸。干燥通过形成新的氢键来固定这种拉伸后的临时形状。再次遇水会破坏这些临时氢键，而CNCs和二硫键作为“网络点”驱动纤维恢复到其原始长度。

优势

- 高性能：表现出优异的形状记忆性能，形状固定率高达90-95%，形状恢复率至少为80%。同时，其湿态延伸率可达360%。
- 环境友好：通过利用丰富的生物废弃物（如羊毛、羽毛）并最大限度地减少有害表面活性剂的使用，提供了一种“绿色”且经济的方法。
- 生物相容且可降解：由天然蛋白质和CNCs制成，是生物医学和纺织应用中石油基聚合物的可持续替代品。
- 可加工性增强：CNCs的加入显著改善了角蛋白纺丝原液的可纺性，能够连续制备具有分级结构的均匀、坚固的纤维。

备注

IDF: 1550

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

发明人

胡金莲教授

許晓芸

查询: kto@cityu.edu.hkProof
Concept

Build Value

- 机理驱动设计：纤维的功能基于角蛋白可逆的二级结构转变，提供了一种稳健且可靠的驱动机制。

应用

- 湿度/水响应型纺织品致动器：可被加捻成股线结构，遇水时产生强大的扭转运动，作为软体机器人或智能纺织品的人工肌肉。
- 智能生物医学器件：非常适合用作先进的伤口敷料，在吸收伤口渗出液时收缩，对伤口部位施加有益的加压治疗，促进愈合。
- 智能纺织品与服装：可被织入织物中，使其宏观结构（如孔隙率、形状）响应环境湿度而变化，应用于热管理服装或湿度指示器等。
- 可降解软体机器人：作为关键组件，用于制造生态友好、由水驱动的致动器和机器人部件，在其使用寿命结束后可被堆肥降解。
- 可持续材料替代品：可直接替代各种工程领域中不可生物降解的形状记忆聚合物，减少对化石燃料的依赖。

