

---

# “弹”然自若的智能新金属

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/9059.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！**

“弹”然自若的智能新金属。从极冷的-272 到127 ，这是月球表面的温度范围，在此范围服役的很多材料都将失效或性能大打折扣。要想在月球表面立足，宽温域内具有窄滞后(高灵敏性)和超高弹性的智能金属材料不可或缺。

日前，北京科技大学新金属材料国家重点实验室教授王沿东研究团队制备出一种宽温域下具有零滞后超高弹性应变的NiCoFeGa单晶纤维，有望满足航天和医疗领域的这一迫切需求。

新研发出的超临界弹性材料的服役温域可从-273 到150 ，而且性能对温度变化不敏感，这将满足探月以及其他外太空探测对弹性元件的苛刻要求。

NiCoFeGa单晶纤维的研发为智能金属材料领域提供了一种性能优越的超临界弹性材料，同时为该领域开辟了新的研究方向。王沿东告诉《中国科学报》，这一研究进展3月16日发表于《自然—材料》。

## 独辟蹊径 喜获突破

人工智能的发展，对金属材料也提出了智能化的要求，智能金属材料成为国际材料领域的研究热点。

然而受制于合金中的金属键作用及线缺陷的易动性，传统金属材料的弹性极限一般不会超过1%。

此外，尽管传统的镍钛基、铁基和铜基形状记忆合金可通过热弹性马氏体相变机制（一种固—固可逆相转变）可以产生接近10%的超（伪）弹性，但难以突破克劳修斯—克拉伯龙方程（一种描述单组分系统在相平衡时压强随温度的变化率的方程式），因而在宽温域下无法呈现对温度变化不敏感的窄滞后超弹特性。

新研发的NiCoFeGa单晶纤维直径为30~500微米，长度可达1米以上，在室温下具有高达15.2%零滞后弹性形变，最高超弹应力达1.5兆帕，在-150 到150 温域内其超弹性能基本不随温度变化，呈现出优于传统超弹合金的超临界弹性。此外，NiCoFeGa单晶纤维还具有高应变（10%）下的优良循环稳定性和弹性储能。

研究发现，这种奇异的零滞后弹性形变的起源不同于传统应力诱发的马氏体相变晶格突变机制，其宏观弹性形变来自于应力作用下的晶格连续畸变。其产生的物理机制源于一种新型的原子尺度

---

的有序无序纠缠结构态所导致的微观连续相变，而这种新型无滞后超高弹性就是一种超临界弹性。

王沿东解释道，很多金属材料也存在固—固的转变，这两相存在明显的界面，此次研究发现的超临界弹性来自于固—固可逆相转变所带来的宏观弹性应变，通过引入交织的有序/无序结构，抑制了两相转变的非连续性，使得转变的两相没有明显界面。

他进一步介绍道，传统相变会产生能量损耗，NiCoFeGa单晶纤维的无滞后性则是指超临界弹性转变的相变没有能量损耗，犹如自由落体的小球可以回弹到原来位置。

合金中‘超临界弹性’的发现不仅拓宽了弹性应变工程研究领域，同时为超高弹性功能材料开辟了新的研究及应用方向。通过晶体材料中原子尺度有序与无序纠缠结构态的控制，有望获得其它的奇异物理性能，并为固体物理中与超临界现象和相变行相关领域的未解之谜，提供了一种创新的研究思路与方法。王沿东表示。

### 深耕十载 有望转化

为了这一成果，王沿东研究团队早在2009年就开始了用NiCoFeGa合金制备单晶纤维的探索。

之所以选择纤维作为制备对象，是因为纤维丝材尺度较小，可以应用于一些微机械系统和传感领域，还可以通过编制等工艺应用于生物医疗等领域。而NiCoFeGa合金具有优异的超弹性，且温域较宽，还具有很强的单晶形成能力，因而成为制备单晶纤维的理想材料。

目前，国际上开展的形状记忆合金纤维研究主要集中于一级马氏体相变超弹或者弱一级相变超弹上，具有较大的滞后和温度依赖性。王沿东说，NiCoFeGa单晶纤维的超临界弹性形变过程一级相变被抑制，因此呈现出奇异的零滞后、宽温域、大应变、高强度和温度不敏感等特性。

研发过程并非一帆风顺，原位结构演化表征及TEM微观结构表征一度成为研究过程中的难点。最终，王沿东研究团队凭借在表征手段上近20年的积累，在中国科学院物理研究所先进材料与结构分析实验室和美国阿贡国家实验室纳米尺度材料研究中心等的通力合作下解决了该难题。此外，研究团队还得到了北京理工大学和瑞典皇家理工学院研究人员的支持，最终取得了这一突破性成果。

王沿东介绍道，NiCoFeGa单晶纤维具有很高的强度、优异的抗疲劳性、更好的柔韧性和温度变化不敏感性，可直接用于深空探测机器人或登陆器的重要柔性部件，在航空航天和医疗器械等领域发挥重要作用，更重要的是，按此原理还可以设计和发展新的结构与功能材料。

接下来，王沿东研究团队将与航空航天、医疗设备等智能制造领域开展合作，争取尽快让NiCoFeGa单晶纤维在工程中物尽其用。他还指出，与发达国家相比，我国在金属智能材料领域的发展还有很大差距，应持续加大对智能金属材料基础研究的支持力度。（来源：中国科学报 田瑞颖）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41563-020-0645-4>

---

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：王沿东等 来源：《自然—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](http://www.iikx.com)转发