

科学家发现一种新型聚合氮——“熊猫氮”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/9658.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！

科学家发现一种新型聚合氮——“熊猫氮”。

以 $N\equiv N$ 叁键结合的氮分子是最稳定同核双原子分子，氮叁键的平均键能（946 kJ/mol）约为氮单键平均键能（159 kJ/mol）的6倍。由于巨大的键能差，以氮单键结合的全氮化合物在转变为以叁键结合的分子氮 N_2 时将释放接近800 kJ/mol的能量。这种以共价氮单键结合的全氮化合物称为聚合氮——是一种高能量密度物质（High-Energy-Density Matter, HEDM）。氮在高压下发生一系列压致解离转变，形成10余种固态高压相，绘制了一张复杂的压力-温度（P-T）相图。极端条件下全氮分子聚合实验研究具有重要的科学意义和国防应用价值，对深入认识简单低Z元素分子体系的压致解离转变，掌握极端条件下简单分子体系结构演化规律，探索新型HEDM具有重要的意义。

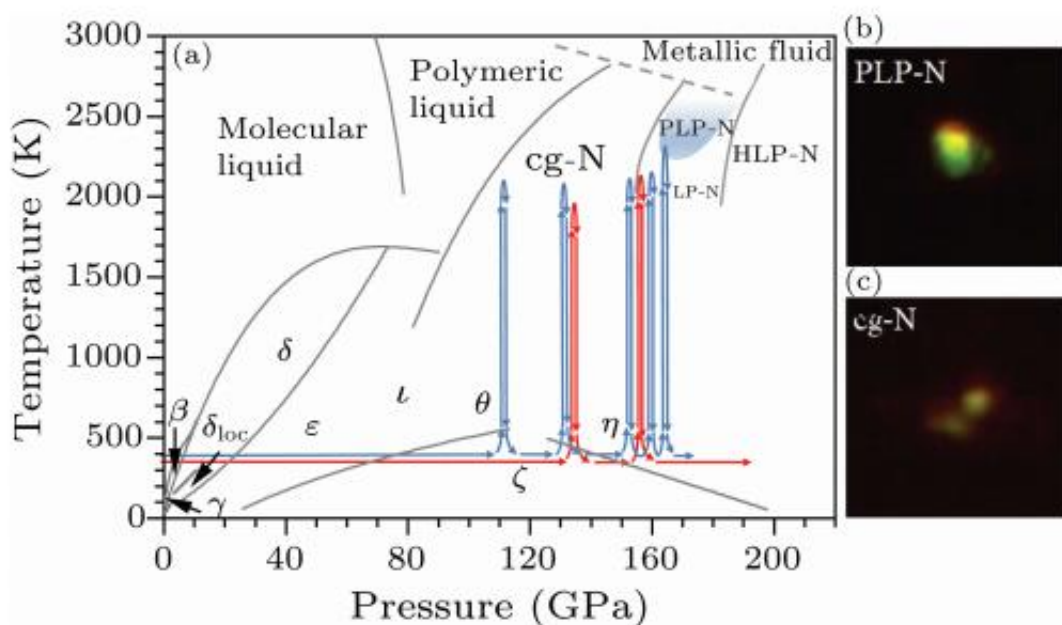
早在上世纪80年代，美国Lawrence Livermore和Los Alamos国家实验室预测氮叁键结合的分子氮在高压下会解离形成一种以氮单键结合的聚合氮。然而实现聚合氮转变的实验条件十分苛刻，需要100 GPa以上的压力以及2000 K以上高温的极端样品环境（爆炸的热力学逆过程）。又由于在高温高压下氮与绝大多数金属会发生化学反应，生成相应的金属氮化物；因而，在金刚石压砧样品腔中放置惰性金属作为激光吸热物质的传统激光加热金刚石压砧（LHDAC）技术在聚合氮的探索上遇到了较大的困难。

聚合氮是检验顶尖极端条件实验室的一个试金石。近40年来，多个国际主要高压研究机构积极推进以聚合氮为代表的全氮分子聚合的高压实验研究。2004年，德国Max Planck研究所在110 GPa、2000 K的条件下率先取得突破，合成出了理论预测的立方偏转聚合氮（cg-N）。随后美国Livermore国家实验室（2007）、英国Edinburgh大学（2007）、中国四川大学（2018）等也报道成功截获cg-N的实验工作。2014年，美国华盛顿州立大学在150 GPa和2000 K的条件下发现了一种中国学者理论预测的层状聚合氮（LP-N）。2019年，法国原子能与替代能源委员会军事应用实验室在250 GPa和3000 K条件下发现了另一种理论预测的六方层状聚合氮（HLP-N）。看似简单的氮分子在高温高压下展现出丰富的结构多样性，这些高压相的出现有什么规律可循？是否还有新的聚合氮尚未被发现？

最近，四川大学原子与分子物理研究所雷力研究员团队在自主设计搭建的极端条件光谱实验平台上，发现了一种新型后层状聚合氮（Post-layered-polymeric Nitrogen, PLP-N），又名熊猫氮（panda-N）。他们在（0-190 GPa、300-2300 K）的P-T空间中设计了两条不同的P-T路径——跨过6个低温高压固态分子氮相，并穿越cg-N与LP-N动力学稳定区；从LP-N出发，在略高于LP-N稳定区的P-T区间（161 GPa、2300 K）发现了这种异常透明的熊猫氮相。良好的透光性意味着熊猫氮应具有较宽的电子能带间隙，较低的声子频率压力系数表明熊猫氮应具有更高的晶格弹性系数。高压同步辐射X射线衍射实验（上海光源）揭示

熊猫氮应具有一种的不同于其他聚合氮结构的超大晶胞结构。值得注意的，新发现 熊猫氮的结构特性与现有理论预测高压相（20种以上）皆不匹配，因此需要进一步考虑高压亚稳相的动力学稳定性。虽然熊猫氮完整结构信息尚未完全解开，文章指出了一种压致对称性破缺演化路径：在高压下，聚合氮从一种3D立方网络结构的cg-N变为一种2D层状结构LP-N，然后再转变成一种具有更低对称性的2D链状或0D簇状结构的熊猫氮。

熊猫氮的发现进一步丰富了氮的P-T相图，体现了固态氮在压致解离过程的对称性破缺与路径依赖特性，对深入认识极端条件下简单分子体系的演化行为又向前迈进了一步。



该文章在最近一期的Chin. Phys. Lett杂志上发表。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1088/0256-307X/37/6/068101>

作者：雷力等 来源：《中国物理快报》

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