



您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 科研动态

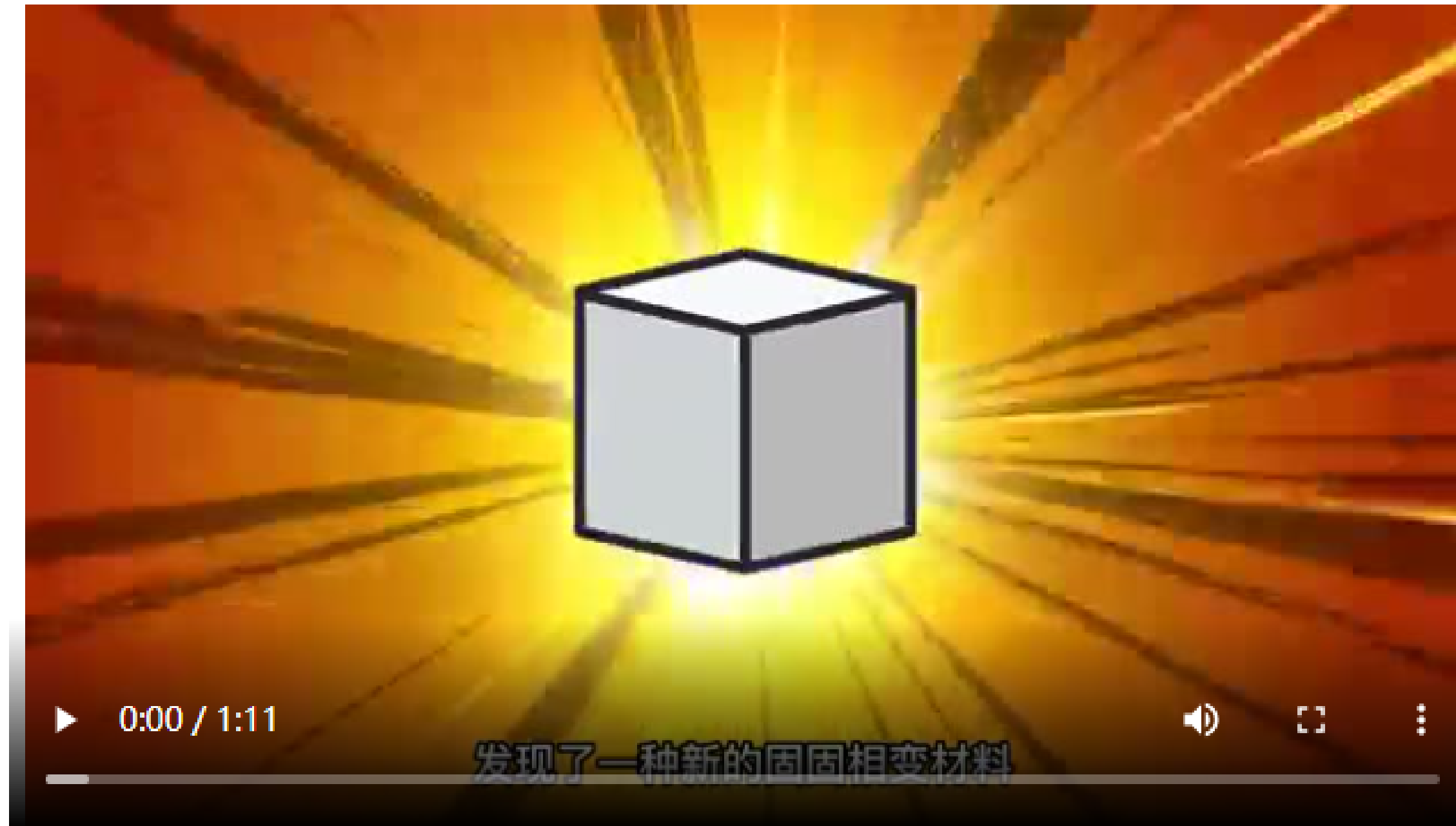
新闻动态

- 综合新闻
- 科研动态
- 学术活动
- 媒体聚焦
- 通知公告

反常庞压卡效应的发现及压力可控储热新原理

2023-02-18 | 文章来源: 功能材料与器件研究部

【大 中 小】【打印】【关闭】



庞压卡效应的发现为构建零碳排放新技术提供全新的技术路线。自2019年该效应被发现以来,中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心功能材料与器件研究部的科研人员持续开展相关工作,在制冷应用探索方面取得了一系列重要进展。先后发现了碘化铍(*Nature Communications* 13, 2293 (2022))、碳硼烷(*Advanced Functional Materials* 32, 2112622 (2022))、六氟磷酸钾(*Materials Horizons*, DOI: 10.1039/d2mh00905f)等性能优异的新体系,同时也进行了制冷样机的概念设计。近期,金属所科研人员与北京高压科学研究中心李阔研究员团队、上海交通大学林尚超教授团队等合作,发现了首个反常庞压卡材料体系——硫氰酸铵(NH_4SCN)。相比于正常庞压卡效应,加压放热、卸压吸热;反常庞压卡效应表现为加压吸热、卸压放热,极其罕见。利用反常庞压卡材料不仅可以实现固态制冷,并且也可构建压力可控储热技术。这一发现将庞压卡材料的应用场景成功地拓展至储热领域,相关成果发表于*Science Advances* (DOI: 10.1126/sciadv.abb0374)。

当前的能源利用格局存在一个尖锐的“热能悖论”,热能生产占全球最终能源消耗的50%以上,且贡献了全球约30%的碳排放量;同时,全球72%的初级能源在转化后又主要以热的形式耗散。如果设法将损失的热能收集、存储,再以热的形式利用,不仅可以提高能源利用率,亦可有效地降低全球碳排放。温度因素的热能调控存在本征热耗散的缺点,同时可控性较差;因此,非温度外场对热能的调控成为热能利用领域的一个重要研究课题,受到了学术界的广泛关注。

本研究利用 NH_4SCN 的反常庞压卡效应,实现热能的压力可控。如图A所示,压力可控储热包含三个步骤:材料与热源接触,加压吸热,同时为热源降温;保持压力,热量可长期稳定存储,不随环境温度的变化而耗散;卸压时材料对外放热,实现余热再利用。在加热过程中,该化合物在363 K发生单斜-正交结构相变,同时 NH_4^+ 离子产生取向无序,晶格呈现高达5%的体积负热膨胀,相变焓变达 $128 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 。该相变也可由压力驱动,饱和压力约为80 MPa,相变点随着压力的增加向低温移动(见图B)。为验证压力可控储热的实际性能,测试了 NH_4SCN 的热流和温度随压力的变化过程,分别如下图C和D所示。卸压过程中放热量为 43 J g^{-1} ,温度上升12 K。借助于有限元分析方法,在理想绝热条件下最大温升为26 K(图D插图)。

运用原位中子衍射谱、同步辐射X射线衍射和非弹性中子散射技术,结合第一性原理计算和分子动力学模拟,发现压力对氢键相互作用的抑制是产生反常庞压卡效应的根源。在 NH_4SCN 中, NH_4^+ 与 SCN^- 之间存在大量氢键,且沿 SCN^- 垂直方向的分量较大。施加压力后 SCN^- 的横向振动幅度变大,削弱了氢键相互作用而导致了取向无序,促使晶相变的发生。这一压力诱导的原子无序极为反常,与绝大多数物质的高压行为相反。

参加该项研究的人员还包括:中国散裂中子源董欣研究员团队、何伦华研究员团队,北京同步辐射光源李晓东研究员团队,澳大利亚ANSTO的Dehong Yu博士和Richard Mole博士,日本SPring-8 Shogo Kawaguchi博士等。本工作受到了国家重点研发计划(2022YFB0109900、2021YFB3501、2016YFA0401503)、中国科学院前沿科学重点研究计划“从0到1”项目(ZDBS-LY-JSC002)、中国科学院国际伙伴计划项目(174321KYSB20200008)、中国科学院建制化研究项目、中国科学院金属研究所科研仪器设备研制项目、沈阳市青年科技人才支持计划(RC210435)、国家自然科学基金资助项目(11934007、52276076、22022101、21771011)的资助;也得到SPring-8 (proposal no. 2019A2052)、CSNS (proposal no. P1819062700003)、ANSTO (proposal no. 7867)和BSRF等大科学装置机时支持。

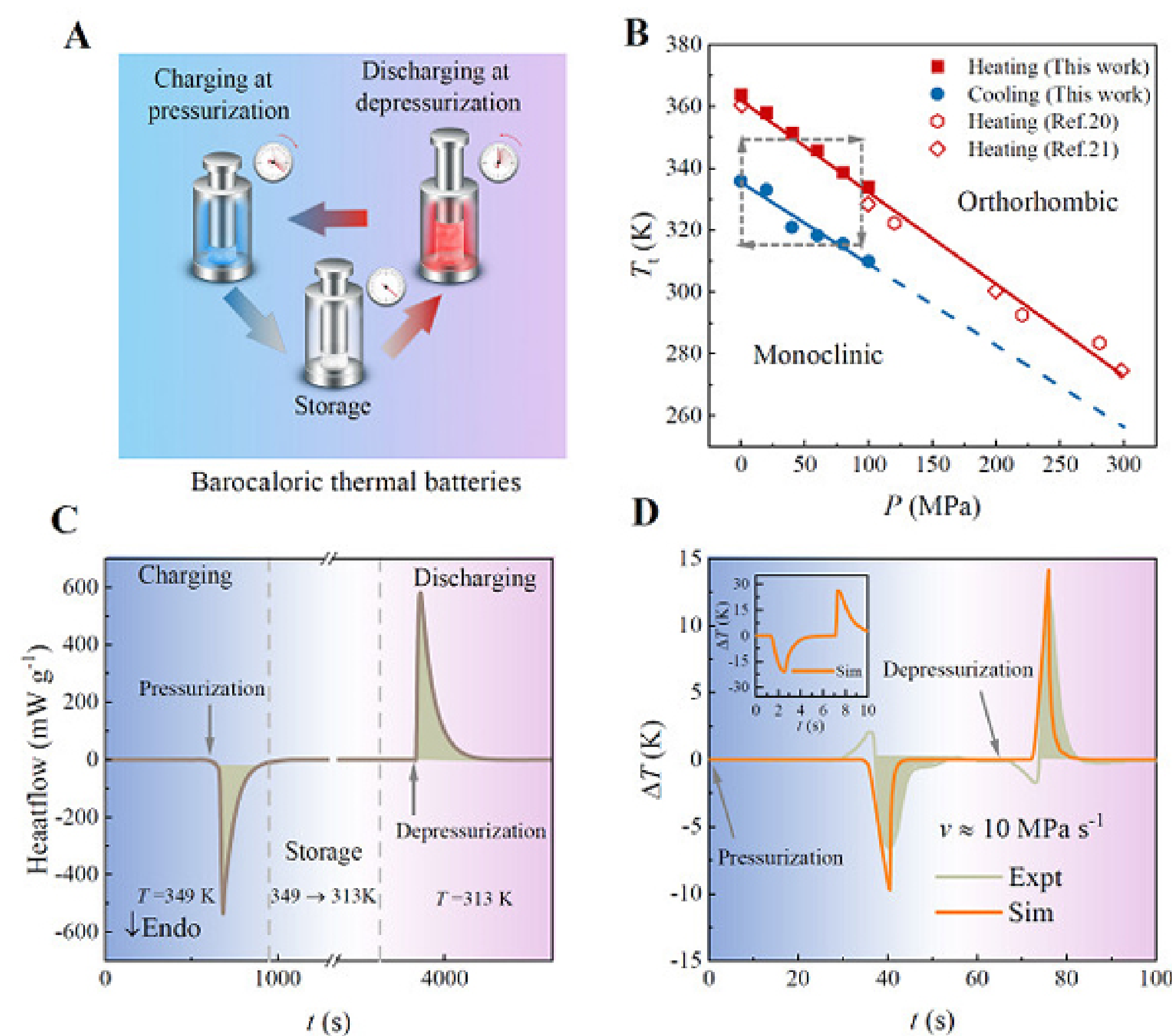


图1 基于反常庞压卡效应的压力可控储热过程

» 文档附件

» 相关信息

联系我们 | 友情链接