

他们从蜻蜓翅膀中炼出“魔术弹簧”

■本报记者 叶满山

如果汽车轮胎能像蜻蜓翅膀一样又轻又弹,就能跑得更远?

近日,中国科学院兰州化学物理研究所(以下简称兰州化物所)发布的一条科研进展,让这个问题有了答案。研究团队从自然界最小的飞行大师——蜻蜓的翅膀中找到了破解之道,成功研制出一种颠覆性的“低熵罚聚氨酯弹性体”。这项科研成果未来有望彻底改写高端轮胎、航天密封件乃至柔性机器人的性能极限。相关论文发表于《先进功能材料》。

难解之困:传统材料的“强弹之殇”

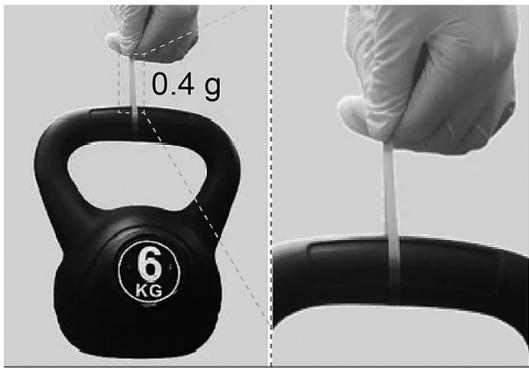
在繁华都市中,汽车在道路上飞驰,飞机在天空中翱翔,这些现代交通工具的背后离不开聚氨酯材料的默默支撑。从轮胎的耐磨抓地,到密封件的严丝合缝,再到减震器的缓冲减震,聚氨酯材料以其独特的软段与硬段交替共聚结构,成为了工程领域的“多面手”。

“聚氨酯本身是一种非常灵活的材料,但其强度与弹性方面容易失衡:增强强度,通常要加入刚性结构或填料,但会让分子链活动受限,弹性降低;提升弹性,则需要增加柔性链段,但牺牲了承重能力。这就是材料界的不可能三角。”论文通讯作者、兰州化物所研究员王晓龙解释道,这就好比给一辆高速行驶的汽车装上了沉重的刹车,虽然能让车停下来,但却影响了它的速度和灵活性。

传统聚氨酯材料的“强弹之殇”,成了制约高端工程领域发展的瓶颈。为此,科学家们一直渴望找到一种材料,既能承受巨大的压力,又能像弹簧一样迅速恢复原状。

但是,为什么传统材料难以兼顾强韧与弹性?科学家们研究揭示了材料设计中经常遇到的一种隐形障碍“熵罚”。想象一根橡皮筋:拉长容易,但吊起重物就会永久变形。又或者一根粗弹簧,承重能力强,回弹却笨重不灵活。这背后隐藏着物理学中“熵”(代表混乱度)的损失。

当材料被拉伸,分子链从混乱状态被迫排列整齐,这一过程需要消耗能量,并且部分损失无法在回弹时弥补,这就是“熵罚”。传统增强手段,如添加炭黑等硬质填料或化



“低熵罚聚氨酯弹性体”提举哑铃试验。兰州化物所供图

学交联,虽然提高了强度,却如同给分子链“上镣铐”,限制了它们的自由度,反而加剧了熵罚,导致材料变脆、易疲劳。

就在科研人员陷入困境之时,自然界中的蜻蜓为他们带来了灵感。蜻蜓无论晴天雨天,它的翅膀都能保持稳定和灵活。这一神奇的现象,引起了科研团队的浓厚兴趣。

自然智慧:蜻蜓翅膀里的弹性密码

蜻蜓是昆虫界的“王牌飞行员”,每秒可振翅30~50次,能连续飞行几十公里。它的秘诀是翅膀里的一种“节肢弹性蛋白”。

“这种性能非常接近我们在工程中追求的‘又强又弹’。”王晓龙告诉《中国科学报》,它是一种近乎完美的天然弹性材料,赋予了蜻蜓翅膀极低的刚度、极大的应变能力和卓越的弹性。

研究团队敏锐地捕捉到这一自然的智慧——节肢弹性蛋白内部并非传统材料那样“规规矩矩”,而是充满无序结构。

“传统弹簧要么硬、要么弹,很难两全;节肢弹性蛋白却做到了‘鱼和熊掌兼得’。”王晓龙打了个比方,“如果把节肢弹性蛋白放大成一张蹦床,它既能撑住成年人原地跳,又能在收起时薄得像纸,还几乎不会老化。”

更奇妙的是,它能进行“液-液相分离”,形成“可逆聚集体”,就像油滴在水中自由浮动,受到外力后会分散,外力解除后又重新聚合。这种结构不依赖刚性的永久交联,而是一种可调节、耗能与恢复并存的网络结构,实现了高弹性与低刚度的完美协同。

“这种独特的结构让蜻蜓翅膀在极低刚度的前提下,拥有惊人的回弹能力和超长寿命。”王晓龙说。

仿生魔法:“动态硬域”的魔术弹簧

如何借鉴蜻蜓节肢弹性蛋白的智慧,在合成材料中实现“强而不僵,弹而不懈”?研究团队提出了一种新的策略——“动态硬域精准调控”。

他们通过精确设计动态硬域的尺寸、间距和均匀性,模拟节肢弹性蛋白的微相分离结构,从而在增强弹性体强度的同时最小化熵罚。为了实现这一目标,他们设计了不同的“刚柔并济”聚合物网络,创建了具有明确尺寸、最佳间距和均匀聚集的动态硬域。这些动态硬域通过氢键和配位键的聚集形成,并有效地嵌入软链中,诱导了微相分离。

其中,在变形过程中,动态硬域逐渐解体,释放分子自由度(熵增加),而软链

则发生应变诱导结晶(焓降低),两者之间建立了协同平衡。这种“焓-熵补偿机制”通过最小化净吉布斯自由能垒进行控制。在恢复过程中,可逆的应变诱导结晶面释放储存的界面吉布斯能以补偿焓熵损失,从而促进分子重排。

在实验过程中,科研团队遇到了诸多挑战。最难复制的是多尺度协同调控,不仅在分子层面实现动态键的精确构筑,还要在宏观尺度维持材料的结构完整性。

“实验过程中‘翻车’是必经的事,最初几批材料不是太硬就是太软,有时候甚至无法成膜。”兰州化物所助理研究员刘德胜表示,最大的挑战是在材料受力状态下,让“硬域”动态解体的同时,“软链”能够有序结晶吸能。

经过连续几十组实验的调整,科研团队终于找到了平衡点。在机械性能测试中,他们成功实现了聚氨酯弹性体在力学性能上的调控。优化后的低熵罚聚氨酯弹性体断裂强度超过80兆帕,超过了目前已报道的大多数人工合成弹性体。

此外,该材料在短程应变下表现出超过90%的回弹效率,在长程应变下超过88%,回弹效率也超过了目前所报道的大多数人工合成弹性体,在短程变形时甚至可与生物弹性蛋白相媲美。这一突破解决了传统聚氨酯“强则脆,弹则弱”的矛盾,为高弹性聚氨酯材料的研发提供了新思路。

从提升建筑、桥梁等结构的缓冲效率与耐用性,到成为航天密封件理想材料,再到推动柔性机器人技术发展,低熵罚聚氨酯弹性体的成功研发为高端工程领域带来新希望。特别是在汽车领域,它有望应用于高端汽车轮胎制造,提升轮胎使用寿命与性能,还能改善密封件抗疲劳性,保障汽车安全、可靠运行。

“从实验室到量产,最大的拦路虎当然是放大实验量产后性能能否保持稳定,以及长周期可靠性测试,尤其是极端气候等使用工况下的验证。”王晓龙表示,目前该材料仍处于实验室阶段,预计在2至3年内实现中试样件投放试用,如果进展顺利,5年内有望在高端汽车或新能源汽车领域及减震中实现首批应用。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1002/adfm.202510053>

集装箱

全民早期预警中国方案“妈祖”发布

列人工智能预报模型体系,为全球预警技术发展贡献中国智慧。

不同于传统的单向技术援助,“妈祖”方案强调平等合作和共同发展,通过与中国特别是发展中国家分享中国经验和科技成果,提供早期预警技术、联合开展能力建设、共建风险识别与评估体系、创新合作机制与模式等。此外,“妈祖”以云端早期预警系统为核心,能够根据不同国家需求提供可定制、易部署、可持续的技术解决方案。

未来,“妈祖”方案将聚焦构建一个开放、包容的全球早期预警合作网络,重点面向助力广大发展中国家,特别是最不发达国家和小岛屿发展中国家,助力其解决气候适应领域的难点、堵点、痛点。

专家建议推进无人配送相关立法

50%;应用场景覆盖快递、即时配送、商超零售等100余类,累计完成订单交付量超1亿件。

西部科学城智能网联汽车创新中心副总经理王璐认为,法律身份的模糊、地域供需的错配以及交通管理的冲突,深刻影响着末端配送产业的规模商用进程,因此推动国家与行业标准体系建设、完善相关立法、加强跨部门协同至关重要。当前无人车法律身份模糊和监管碎片化问题,构成了规模化落地的最大瓶颈。

与会专家主张分层级推进立法工作,在《道路交通安全法》层面明确其定位和上路合法性。对外经贸大学法学院副教授孔祥稳认为,制度设计要考虑对产业的影响,同时应秉持包容审慎监管原则,鼓励地方先行先试,为国家层面制度设计积累经验。

我国首个自主柴油机油标准体系问世

商用车、江淮汽车、潍柴动力四大主机厂代表现场分享了D1标准在测试中的困难和验证结果。这些测试不仅验证了D1标准的科学性和可靠性,更展现了中国润滑油产品在极端环境下的优异性能。在极低温条件下,通过D1标准的润滑油均展现出卓越的稳定性和强劲动力,油耗和维保成本也显著降低,为国六及以下排放标准的高性能、低排放柴油发动机需求提供了“中国答案”。

此外,D1标准的问世也推动了产业链上下游重新洗牌。其中,关键添加剂实现国产化,国产润滑油开发周期缩短40%、成本下降15%,低端产能加速出清,高端、绿色、智能制造成为行业新共识。

中国营养学会等联合推出“智慧选择”标识

过程。

据了解,此次修订的《预包装食品“智慧选择”标识规范》由中国营养学会、中国疾病预防控制中心营养与健康所、农业农村部食物与营养发展研究所等权威专业机构共同制定,中国营养学会团标管理工作组专家对申报材料进行严格审核,是推动全民健康饮食方面重要举措。

根据招标公告,脉动是饮料品类首个使用“智慧选择”标识的品牌。据艾媒咨询数据显示,2022年中国功能性食品市场规模已达3387.1亿元,2024年将达到4744.5亿元。这一数据表明,消费者对健康食品的需求正在快速增长。而营养标签的出现,将进一步加快健康食品市场的爆发式增长和行业优胜劣汰。

第二届全国交通智能建造学术会议召开

预制节段梁全流水生产线等新质生产力柔性制造关键技术和异构混凝土桥塔现浇“移动工厂”智能建造关键技术等,展示了“智慧选择”标识的推广应用,同时展示了“智慧选择”标识的推广应用,同时展示了“智慧选择”标识的推广应用。

在主题论坛上,中交二航局首席专家张鸿介绍了其团队基于“做工程转向做产品”的工业化建造理念,在桥梁工业化智能建造方法与技术体系、桥梁新质生产力高效柔性制造、桥梁移动工厂建造技术与装备等方面,取得了核心技术突破,以创新引领产业升级,提升了建筑业“价值创造力”。

本次大会展示了中交二航局新型钢筋部品、智慧缆索、新一代

按图索技

“中组100”刷新全国早稻单产纪录

本报讯(记者李晨 通讯员陈鑫)近日,依托于浙江省农业农村厅的浙江省农业吉尼斯委员会办公室组织的测产结果显示,中国水稻研究所合作选育的常规早籼稻新品种“中组100”在浙江省衢州市江山市宣林家庭农场攻关田最高亩产达850.85公斤/亩,百亩方平均亩产达到838.84公斤/亩,首破800公斤大关,刷新全国早稻单产纪录。该纪录打破了2024年“中组100”在江山峰田家庭农场创下的攻关田最高亩产754.36公斤的纪录。

由扬州大学教授戴其根担任组长的测产组在亩方选3块1亩以上的田,每块田实割称重;取500克以上样品带回浙江省种子管理站测定水分和

杂质,折算成标准含水量,计算每块田产量。

“中组100”是由中国水稻研究所水稻抗病育种课题组和浙江省衢州市龙游县五谷香种业有限公司合作选育的优良常规早籼稻新品种,生育期111.7天,具有较矮的植株、繁茂的长势、较强的分蘖力,大穗大粒促丰产,后期青秆黄熟、转色好、谷色黄亮。“中组100”适宜在浙江省及同生生态区的江西、湖南、安徽等长江中下游双季稻区做早稻种植。

良田、良种、良法、良机、良制的高效有机配套融合促进粮食丰产丰收。此次“中组100”高产突破,不仅刷新全国早稻单产纪录,更积累了可复制的实践



早稻“中组100”喜获丰收。中国水稻研究所供图

经验,为进一步挖掘增产潜力提供了标准化的配套机制,为长江中下游双季稻

区粮食生产的大面积单产提升工作提供了强有力的技术支持。

AI 下半场将走向何方?

■本报记者 赵宇彤

“当前AI(人工智能)正处于快速演化的关键阶段。”近日,北京中关村学院院长刘铁岩在2025基础科学与人工智能论坛上表示,大模型、具身智能与科学智能三者深度融合,构成推动AI加速进化的“知识引擎”。

当“知识引擎”真正高效运转时,AI在某些维度上的学习与再生能力可能超过人类。然而,刘铁岩直言,AI发展仍面临算力瓶颈、数据枯竭、评测滞后等一系列结构性挑战。

本次论坛是“2025国际基础科学大会”特别活动之一,刘铁岩和清华大学电子工程系主任汪玉、美国纽约州立大学石溪分校教授顾险峰、曦智科技创始人兼首席执行官沈亦晨等多位专家围绕AI的根本范式、算力瓶颈等议题展开讨论。

面临多重挑战

当前,随着AI迈入复杂推理和多模态理解的新阶段,传统过度依赖堆叠算法、数据的“大力出奇迹”路径已难以再进一步拓展AI发展的边界。

刘铁岩指出,首先面临的是数据瓶颈。他表示,作为大模型必不可少的“养料”,数据短缺制约其发展,尽管业界尝试拓展多模态输入、合成数据生成、交互数据收集等方式,但仍面临质量、成本和验证机制等挑战。

“当前AI系统普遍面临模型智能水平持续提升,其推理能效却不断下降的矛盾。”汪玉指出,Token(词元)是人工智能时代核心的生产要素,未来要更关注单位能耗下可生成的有效Token数量,只有当生产与应用的成本足够低廉、智能水平足够可靠,系统规模足够可扩展时,才能迎来真正意义上的产业革命。

然而,如何衡量、判断不同大模型的推理能效?刘铁岩坦言,现有的模型评测体系容易被“对症”优化、“刷榜”提分,急需引入任务导向、动态更新与专家混合评估机制,推动评测体系回归本质。

是否具备原创能力

“缺乏因果建模的能力是当前AI在自然科学、数理建模等任务上受到限制的原因。”针对AI发展的瓶颈与限制,顾险峰指出,目前AI仍以相关性建模为主,而真正的科学建模不能仅靠大量数据推导模式,而是需要简约假设、逻辑自洽的因果体系。

刘铁岩则认为,完成大模型已经能“听懂”人类语言。在部分逻辑推理、数学解题、文本论证等任务时,具备对“因为”“所以”等因果性文本结构的识别和理解能力,但在语义层面,是否真正理解文本背后的因果逻辑尚不明确。

近年来,多模态大模型的发展成了

新热点。当认知对象从文本拓展到图像、视频,是否需要彻底摒弃token预测,转向“世界模型”等新范式?

对此,汪玉持乐观态度,如果人类能够通过语言准确描述某一对象或规律,AI就能借助模型实现理解和总结;如果人类无法找到合适的语言描述方式,AI也无法做到。

此外,AI是否具备原创能力也是本次讨论热点。

“在科学研究中,重大理论的提出绝非数据堆积所能催生。最关键的一步转化,AI永远抓不住。”顾险峰直言。

沈亦晨则表示,尽管AI可以在大多数工程化问题中大显身手,但在解决10%原创性突破问题方面仍有不逮。

刘铁岩从产业视角指出,未来AI在“从类比中发现新结构”方面具有巨大潜力,尤其是在AI for Science(人工智能驱动科学研究)的具体子任务中表现出色。

“真正的突破”

“AI要想走向大规模应用,必须突破能效瓶颈。”汪玉强调,这对构建下一代AI系统基础提出更高要求,不仅要处理数字信息,更需实时感知物理环境,与传感器和执行器深度融合。

对此,汪玉系统介绍了提升AI系

统性能的两条路径:一是保持能效水平的同时提升智能水平,二是通过软硬件协同优化,提高单位能耗下的推理能力。他说,“只有算法与芯片协同优化,才能实现真正意义上的系统能效提升。”

然而,当前大模型对算力依赖正呈指数级增长的趋势。清华大学人工智能研究院常务副院长孙茂松举例称,最新一代大模型训练耗资约100亿美元,需要20万张图形处理器(GPU)支持,预计2035年突破1亿张卡。

“百万卡级别的计算已成为现实挑战。”沈亦晨回应道,尽管当前业界在传统电子芯片架构内尝试了多种优化策略,但这些仍局限于晶体管架构内部优化,算力上限仍受制于单位面积可集成晶体管数的物理天花板。

沈亦晨提出,要想充分发挥光计算的高能效优势,需要在算法层面推动向低精度模型优化。“同时,通过光作为连接介质,可以极大提升芯片间通信带宽与效率,解决分布式模型训练中‘多芯片如一芯片’的问题。”

汪玉补充道,无论是光计算还是电计算,关键是让底层硬件异构对开发者透明,即“看起来就是一台机器”,进而保障工程系统的稳定性和迁移效率。

“真正的AI下半场,将是由经验驱动的AI。”刘铁岩抛出一种全新的范式设想,由100万个机器人在物理世界中实现全域智能协同,“这将超越大模型集中训练范式,形成全新的进化路径”。

面向未来,孙茂松提出:“真正的突破,有赖于我们在理论与系统两端都迈出的一步。”