

从罐垢中找到“吸铝剂”——

他们让高纯镁除杂实现工业突破

■本报记者 李媛

近日，西安交通大学材料科学与工程学院教授单智伟团队在《自然-材料》发表论文，提出了一种全新的镁纯化策略。他们在工业条件下实现了铝杂质的高效、低成本去除，突破了低铝高纯镁大规模制备的关键技术难点。目前，该技术已应用于相关企业的工业产线上。

“很多时候，解决产业难题的关键线索，并不在高深的理论推演里，而是藏在最日常、最不起眼，甚至最令人厌烦的生产细节中。”论文通讯作者单智伟这样总结。

发现一个反常现象

镁是重要的战略金属，在交通轻量化、高端战略金属还原及生物医用等领域具有广阔应用前景。当前全球约80%的原镁依赖硅热法生产。该工艺虽然具有成本和规模化优势，但伴有杂质含量高、波动大的顽疾。其中，铝杂质尤为突出，不仅含量普遍偏高，而且在工业生产中波动最为剧烈。

研究数据显示，在实际生产过程中，铝含量可在21毫克/千克至845毫克/千克之间大幅变化，波动幅度跨越了五个纯度等级。由于不同纯度品级之间差价显著，也直接降低了生产厂家的经济效益。一直以来，铝杂质波动的顽疾都被视为该工艺的一种伴生物。

为此，研究团队对铝杂质的产生、传递和沉积机理进行了全面的剖析研究。这项研究的过程也伴随着大大小小的困难。

在单智伟看来，破解产业难题的关键恰恰在于找对思路。他坦言，团队曾在梳理工厂实际生产数据时发现一个反常现象：同一天生产出的原镁，铝含量却忽高忽低、波动剧烈。“可同一天的原料、工人操作、工艺条件都基本稳定，这



单智伟（左四）团队在实验室。 西安交通大学供图

把目光投向生产现场

正是这一“说不通”，让团队把目光投向生产现场。在科研团队眼中，令人头疼的产业顽疾，其答案往往就藏在最贴近生产的细节之中。

他们注意到一个让工人很头疼的场景——炼镁还原罐的罐口每天都会结一层硬垢，如同家里烧水壶壶底的水垢。这层垢必须每天清理，否则影响装料和传热，工人常常要耗费大量体力刮擦。带着疑问，团队对这层“令人讨厌的垢”进行了系统分析，检测出一种稳定的“氟铝钙氧”化合物。

在此前的研究中，团队已明确，镁里的铝杂质是以氟化铝形式存在的。两条线索一交汇，思路瞬间清晰：既然垢中富集钙、氟、铝、氧等元素，是否可以反向利用氧化钙，主动“捕获”氟化

铝中的铝，使其转化为稳定化合物并以垢相析出，从而实现镁与铝的高效分离。

如同用磁铁吸附铁屑，团队就此找到了氧化钙这一关键“吸铝剂”。论文第一作者、西安交通大学博士郑芮通过实验证实，添加氧化钙可将镁中铝含量从约109.5毫克/千克降低至6.3毫克/千克，杂质去除率超过90%。

经过几轮迭代优化，团队采用更低成本、更易获取且可循环利用的炼镁原料——煨烧白云石（氧化钙和氧化镁的混合物）作为滤材，铝含量满足高纯镁标准的产品比例由原先接近零提升至83.3%，实现了从“偶然达到”到“稳定获得”的跨越。

最令团队振奋的是那一刻的豁然开朗：原来被工人天天嫌弃、必须费力清除的罐垢，竟藏着破解铝杂质波动的核心密码。原理看似简洁，但如果如果没有十余年的机理积累与产业认知，单智伟团队也很难从繁杂现象中抓住这一核心突破点。

在逻辑上是说不通的。”

为金属纯化提供新范式

依托与原镁企业泰达煤化的长期合作及陕西省镁基新材料中试基地，单智伟团队第一时间将成果同步至企业。在专利被授权之前，这一“沉积物启发”的滤材筛选技术已经在工业产线上得到推广应用，并产生了显著的经济和社会效益。

数据显示，该方法的纯化成本较主流真空蒸馏技术成本降低约96%，为低成本规模化制

备低铝高纯镁提供了切实可行的路径，为向下游高端应用提供稳定、优质且经济的原材料奠定了技术基础。

“我们更开心的是技术给整个产业链带来的‘连锁反应’。”单智伟告诉《中国科学报》，镁里的铝不全是以金属形态存在的，有一部分是以化合物的形态存在，比如氟化铝。它们就像“隐形的捣蛋鬼”，会进入下游产品里。

单智伟举例说，海绵钛生产就可能深受其害。钛在电子芯片领域特别重要，镁是制备钛的还原剂，如果原镁里铝杂质控制不好，铝会遗传到钛里，一旦进去就很难再被赶走，像粘了胶水一样。单智伟指出：“芯片级钛要求极高，铝杂质多了就报废了。”

再比如生物医疗领域，镁合金可以做可降解骨钉，但如果铝杂质含量高，在人体内积累就可能增加阿尔茨海默病风险。“我们把铝杂质含量降下来，对医疗器械也是大好事。”单智伟说。

传统的研究认为，对于本来就要加入铝的镁合金而言，原镁有铝杂质无所谓。而单智伟团队的最新实验证明这一传统看法与事实大相径庭。

“我们发现即便是镁中只有不到1/10000的铝杂质含量，也能显著劣化纯镁的耐腐蚀性能。我们正在整理这项成果，希望整个镁合金领域都能因为这个发现而受益。”单智伟表示，这项技术不仅帮企业显著提高了利润，更让下游的钛、电子、生物医疗等产业都受益，随之而来的就是对行业标准的修订。

与此同时，单智伟团队还进一步拓展出镁中其他杂质的调控方法，为金属纯化提供了全新范式。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41563-026-02561-2>

集装箱

全球首款100升连续生产型等离子球磨机问世

本报讯(记者朱汉斌 通讯员华轩)近日,由华南理工大学国家大学科技园与广东华欣材料科技有限公司(以下简称华欣材创)联合主办的新品发布会在广东顺德举行。会上,全球首款100升连续生产型等离子球磨机正式亮相,同时发布了一系列配套装备。

记者了解到,本次推出的100升连续生产型等离子球磨机填补了全球大容量连续化等离子球磨装备的空白。该设备融合了等离子体活化与机械力强化技术,搭载双电机平衡振动、分体式模块化及降噪设计,生产效率较传统设备提升近10倍,有效解决了传统球磨工艺中杂质引入、能耗高、难以量产等痛点,实现了污染物精准控制与全流程智能化生产,推动等离子球磨技术从实验室研发迈向工业化规模量产。

这一突破性的设备背后,是华欣材创依托华南理工大学科研团队自主研发的等离子高能球磨专利技术。该技术利用等离子体高能电子轰击降低材料活化能,结合可控振动球磨实现纳米级细化,通过多模式可控环境避免材料氧化,保障超高纯度,为高端材料研发提供了新路径。华欣材创是由华南理工大学国家大学科技园孵化的高新技术企业,其以华南理工大学教授朱敏团队的核心专利技术作价入股,并联合行业龙头企业——欣旺达电子股份有限公司共同创立。

此次发布的系列产品还包括桌面式等离子球磨机、专用等离子电源、高真空度球磨罐等,形成了覆盖实验室研发、小试中试、工业化量产的完整产品矩阵。该系列产品可应用于锂离子电池、储氢合金、电子电器材料、工业固废处理、3D打印等核心领域。

“经纬”经济统计智能决策大模型发布

本报讯(记者陈彬 通讯员韩中)近日,在南京举行的地方高校“人工智能+教育”校企联盟2026年年会上,“经纬”经济统计智能决策大模型正式发布。

该模型由南京财经大学与超星泛雅集团联合开发,聚焦经济统计学学科前沿,深度融合人工智能技术与专业知识体系,是学校推进教育数字化转型、深化新文科建设的重要标志性成果。

据介绍,“经纬”大模型以高质量知识资源为基础支撑,构建了“校本专属、公共权威、行业共建”三位一体的资源体系,系统夯实模型运行的知识底座。模型通过构建全流程知识治理机制,实现知识资源的动态更新、可视化管理与精准溯源,从源头保障模型输出的准确性与可靠性。

此外,大模型通过统一门户实现多模块集成与一站式服务,构建“通用能力与专业应用协同、教学科研与社会服务融合、校内服务与外部数据联通”的运行机制,显著提升用户使用效率与系统整体效能。

据悉,南京财经大学未来将依托大模型的建设,持续优化资源体系与技术架构,深化产教融合与校地协同,拓展多元应用场景,不断提升模型的智能化水平与服务能力,努力打造具有示范引领作用的数字财经创新平台。

按图索技

柔性智能产线实现高危岗位无人化替代

本报讯(见习记者江庆龄)近日,同济大学机械与机器人学院、自主智能机器人研究院的智能制造团队针对传统自动化产线设备通信壁垒高、控制逻辑固化及多机协同困难等行业痛点,成功构建了“大模型驱动的新能源汽车水泵柔性智能产线”。

团队提出了一种“宏观语义调度与微观视觉执行解耦”的控制架构,将大语言模型作为全局调度中枢,并以SAM3视觉基础模型为感知节点,实现了对多形态异构机器人的动态任务规划与精准执行,为未来柔性制造系统的搭建提供了一条全新的技术演进路线。

这项工作在于算法决策、多机协同与系统架构三个维度实现了关键突破。在算法决策层面,团队攻克了纯文本大模型的“视觉物理接地”难题,提出“调度大模型+SAM3”的双

脑协同与视觉物理接地机制。在多机协同层面,团队系统攻克了跨平台、跨形态机器人的统一调度难题,实现多形态异构机器人的无人化全局协同。在系统架构层面,团队打造了摆脱底层硬件绑定的非侵入式控制系统。据介绍,该柔性智能产线的成功运行在学术研究与社会效益层面均具有重要意义。在科学价值上,该研究验证了“大语言模型+视觉基础模型”在长视野、多约束工业场景下的可落地性,填补了传统排产模型在“感知执行”层面的空白,为工业多机器人任务分配与调度优化提供了融合“数据驱动与视觉反馈”的新型解决方案。在社会价值上,该系统使人类从高强度的重体力搬运,以及高噪、闷热的静音房声学测试等恶劣工况中解脱出来,实现了高危、有害岗位的无人化替代,切实保障了劳动者的职业健康。



新能源汽车水泵柔性智能产线。 同济大学供图

新一代信息技术产业集群建设推进大会举行

本报讯(记者刁雯蕙)近日,第十四届中国电子信息博览会开幕峰会暨世界级新一代信息技术产业集群建设推进大会在深圳举行。

现场发布了2025新一代信息技术领域国家先进制造业集群典型创新成果,并举行了一系列签约仪式。来自工业和信息化部国家级新一代信息产业方向集群代表,共同发布了《新一代信息技术领域国家先进制造业集群携手迈向世界级倡议》。

大会期间,深圳市新一代信息通信产业集群首次联合成渝、广佛惠、京津冀、长沙等集群共同打造的“全国新一代信息技术产业集群展”在深圳会展中心亮相。展区面积近1000平方米,汇聚超过100个全国优质项目参展,同时设置“成果超市”展台,集中呈现我国新一代信息技术产业集群创新成果。

长航时无人机为野生动物部署“空中哨兵”

本报讯(记者孟凌霄 通讯员杨金融)近日,北京林业大学信息学院(人工智能学院)教授许福带领一支项目团队参加“黑河流域生态监测技术联合测试及应用示范(EcoTest)”。

在EcoTest实验中,项目团队依托祁连山森林生态系统国家定位观测研究站,完成长航时无人机森林大型动物智能监测系统的整体部署与调试,将无人机搭载的高分辨率光学与红外传感器用于林区连续观测,为森林大型野生动物监测无人机平台设计及载荷一体化研究提供重要技术支持。

项目团队还同步开展了基于人工智能识别算法的野生动物自动识别与计数实验,成功识别并记录牦牛、岩羊等物种活动影像,获取丰富的生物多样性观测资料,为森林大型动物监测、种群动态评估及自动计数算法研究提供数据支撑。

从“无标可依”到“标准出海”：中国后备牛产业完成漂亮“逆袭”

■本报记者 李晨

近日,在天津举行的第五届国际后备牛大会现场,一幅幅高达两米的“黄金标准”挂图前,挤满了来自各国的牛业专家与牧场管理者。图上,每一个关于犊牛断奶体重、初配月龄的精确数字,都来自会议期间颁布的《规模化牧场标准化操作流程》系列团体标准(以下简称“标准化操作流程”)。

从对标国际到被国际对标,从“无标可依”到“有标可循”,乃至“输出标准”,中国后备牛产业完成了一场漂亮的“逆袭”,为中国奶业赢得了最具潜力的“奶瓶子”。

扭转“重母轻子”养殖观念

“奶牛出生后22到24个月才能产奶,所以养奶牛的前两年光投入没收入。”中国农业大学教授曹志军在接受《中国科学报》专访时说,正是这长达两年的“纯投入期”,使后备奶牛产业



根据“初乳124原则”,标准化示范牧场在犊牛出生一小时内人工灌服初乳4升。 韩覃/摄

长期处于尴尬境地。后备奶牛是指第一次产犊前的奶牛,包括犊牛、育成牛和青年牛。10年前,这群从出生到产奶前不直接创造经济效益的“牛娃娃”,在中国奶业界是一个被忽视的群体。2016年,面对“理念落后、资源分散、标准不一”的行业困境,曹志军牵头创立了国内首个后备牛产学研平台,到2020年升级为汇聚18国机构的国际后备牛培育协作创新平台(ICHO)。

ICHO创立前,奶牛业里普遍存在着“重母轻子”的养殖观念。“那时候大家都不太重视后备牛,秸秆、劣质粗饲料都给它们吃,因为它们不挣钱。”曹志军回忆道。这种粗放模式导致犊牛成活率低、长势差,难以充分发挥产奶潜力。

自2008年我国奶业经历巨大变革以来,行业转型便成为长远发展的必然课题。“我们从2009年起,围绕初乳标准化等关键环节开展系统研究,逐步积累了推动行业升级的技术与理念基础。”在这一持续探索的过程中,曹志军于2015年正式提出了破解困局核心理念——“母子一体化”。

这一理念兼顾母牛和犊牛的双重需求,通过营养调控与标准化养殖管理,一方面保障母牛的健康状态,实现母牛高产的目标;另一方面为犊牛营造适宜的生长环境,提供科学的营养供给,保障犊牛健康成长,从源头夯实奶牛养殖的基础,让后备牛能成长为高产的泌乳牛。

一头新生犊牛成本约5000元,存活是一切养殖价值的前提。科学的养殖理念与技术,如“初乳124原则”,正是保障犊牛“活下来”的关键手段。

什么是“初乳124原则”?曹志军解释道:“犊牛在1小时之内灌服4升初乳,而母牛则需要2小时内将初乳挤下来。犊牛生下来之后吃的初乳,不是亲妈的初乳,而是预先储存的其

他母牛的初乳。‘先犊牛后母牛’,改变了整个生产管理流程。”

正是这项技术让新生犊牛被动免疫成功率接近100%,将规模化牧场的哺乳犊牛成活率从10年前的90%左右提升至97%以上。研究表明,精细化喂养的犊牛日均增重可达800-900克,而粗放喂养仅500-600克。国内外数据均证实,犊牛前期日均多增重100克,成年后头胎产奶量会显著提升。

2018年,基于奶牛“母子一体化”理念的“关键技术与实践”入选农业农村部主推技术,并在全国奶业主产区进行示范推广。

“从自己的土地中生长出来”

要将科学的理念转化为牧场每天可执行、可核查的具体动作,必须建立一套立足中国国情、得到行业公认的统一标准。

为什么不能直接照搬国外的标准?曹志军说,养殖模式、生态环境、饲料资源与集约化程度都有不同。中国的规模化牧场养殖密度高、周转快,疫病防控压力和设施运行节奏都与国外低密度牧场不在同一量级,这就对营养、管理、资源配置等提出了完全不同的要求。因此,中国的标准必须“从自己的土地中生长出来”。

ICHO奶业大数据组负责人、中国农业大学青年研究员刘帅在解读“标准化操作流程”时介绍,2024年平台联合我国TOP40奶牛养殖集团启动数据调研与样本采集;2025年召集标准审查会与产业集群逐条逐条对标对审;最终形成让数据“会说话”的审计黄金标准系列挂图。

刘帅说,所有数据都有实操支撑,依托牧场调研、试验数据、国际参考,每一个数值都有据可依。同时,企业全程参与标准制定也让其更愿意执行,彻底解决科研成果落地难、转化难的问题,真正实

现“标准从生产中来,到生产中去”。

从行业缺乏后备牛标准到首部后备牛国家标准《后备奶牛饲养技术规范》的制定,再到2024年联合TOP40奶牛养殖集团发布后备牛高质量培育系列标准,以及此次发布的“标准化操作流程”,中国后备牛领域实现了从“无标可依”到“有标可循”的跨越。

中国奶业标准成功“出海”

标准的建立与推广不仅改变了国内牧场,更悄然改变了中国奶业在国际上的角色。早期,中国后备牛领域主要学习和借鉴奶业发达国家的先进经验。但很快基于国内规模化、集约化、精细化管理的丰富实践,我国探索出了一条具有自身特色的发展路径。

曹志军说:“如今,中国规模化牧场的精细化管理经验,正吸引着包括传统奶业强国在内的国际同行前来交流学习。”最典型的例子是,中国成功实践的“初乳124原则”直接影响了美国后备牛协会,促使其在2022年修订了“后备牛黄金标准”中的初乳饲喂量和饲喂时间。这一事件标志着中国技术方案实现了从国际跟随到主动引领的重要跨越,是中国奶业标准成功“出海”的标志性成果。

“标准化操作流程”将复杂的养殖技术和理论知识转化为一张张可视化的挂图、一个个可审计的流程,极大降低了技术推广和人才培养的门槛,助力标准化在更大范围内落地生根。

此外,《后备奶牛饲养技术规范》也将迎来新一轮修订,这是我国后备牛培育标准体系迈向数字化、精细化、国际化的关键一步。此轮修订将紧扣产业痛点与技术升级方向,重点优化三大核心指标体系:全新确立新生犊牛被动免疫成功标准、精准界定哺乳期日增重与断奶重最优区间、更新关键阶段体重体尺推荐标准。

曹志军透露,团队已发布“孺子牛”大模型,致力于破解海量数据的解读瓶颈,从而推动“教科一体发展”的深度融合。他还提出构建“奶业科学与管理微专业联盟”,打通高等教育与终身教育,将高校的前沿知识资源持续输送给产业人才。