

这个基础研究团队用“化学铁锅”炖出“硬菜”

■本报记者 孙丹宁

在东北，一道铁锅炖能烩尽山河百味；在实验室，科学家也用“化学铁锅”炖出了一道“硬菜”。中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)氢能物能化学研究中心团队采用“一锅法”的新工艺技术，制备出镁基固态储氢材料，为氢能安上了“固态心脏”。

近期，这项诞生于东北的创新技术，在陕西榆林完成了从实验室到产业化的关键跨越。据悉，以榆林中科洁净能源创新研究院(以下简称榆林创新院)为建设依托方、大连化物所为技术提供方、大连富德金焯新能源有限公司为投资方，三方共建的150吨/年固态储氢材料氢化镁中试项目一次性投料试车成功，并产出合格的氢化镁产品。这是目前我国第一条拥有自主知识产权的百吨级以上氢化镁生产线。

在这场从烧杯到反应塔“破茧成蝶”的演化背后，是一个基础研究团队20多年的积淀。氢能物能化学研究中心由大连化物所研究员陈萍领衔，开创了金属氢化、金属硼氢及金属碳氮氢等多类储氢材料新体系，引领了国际复合氢化物储氢研究的前沿热潮，研究成果被写进牛津大学编写的《无机化学》一书中。

如今，这群习惯了与试剂瓶对话的科学家，终于把论文里的分子式烙在了祖国大地上。

让氢化镁“一锅出”

时光拨回到2002年。实验室的通风橱里，陈萍正凝视着反应釜中银白色与深灰色交织的粉末。这是她与固态储氢材料故事的起点。

彼时的科研蓝图非常清晰，她想将储氢材料运用在车载技术上，希望有一天能够和汽油、柴油等“分庭抗礼”。于是，她开始研究轻金属锂、镁等与氢气、氮气的反应，开创了金属氢化储氢材料新体系。其中，氢化镁就是金属氢化 LiMgNH 储氢材料的重要成分。

由于 LiMgNH 具有车载应用前景，迅速成为固态储氢材料的重要分支，引起了美国能源部和部分车企的关注。为了车载梦想，陈萍带领团队持续对该材料进行深入研究和优化。

到2018年，随着国内氢能产业热度渐起，固态储氢材料获得了极大关注。前来交流的企业不断增加，应用场景和需求也不断拓宽。陈萍团队也从德国引进了希望从事固态储氢应用研究的曹湖军博士。

“这时候我想，能不能把 LiMgNH 储氢应用出口和原料组成进行调换，关注化工场景，去掉金属锂，只做另一个组分——氢化镁呢？这样反应体系反而更加简单了，而且中国的镁资源十分丰富。”陈萍回忆道。没想到，这个看似“减法”的决策，却意外开启了团队在镁基固态储氢材料研究的新起点。

氢化镁是金属镁与氢气键合的固态化合物，如同将气体冻成“冰块”，其高储氢容量、易于控制的反应特性以及独特的化学性质，使得氢化镁成为镁基固态储氢材料、锂电的负极材料和重要的还原剂，在储能、航空航天、电池制造、金属材料制备、农业、食品工业等多个领域展现出巨大的应用潜力。

“通常氢化镁储氢时，除了氢化镁外，还需



150吨/年固态储氢材料氢化镁中试项目现场。

受访者供图

要添加一些催化剂使其在更温和的条件下进行反应。我们团队致力于金属氢化物能化学研究，在氢化物催化方面积累了丰富的经验，研发了性能优异的氢化镁储氢用的独有催化剂。”陈萍介绍道。

传统的制备方法如同炒菜，通常分“两步走”，先将镁在高温高压下加工成氢化镁，再添加催化剂“调料”。这种“先煮肉后加盐”的操作不仅耗时费力，还可能因分步处理导致材料混合不均。

“镁质地柔软、易氧化，固体间反应较为困难，特别是镁的表面容易形成氧化层，这将阻碍其与氢气发生反应，导致反应效率低下，影响储氢性能。”陈萍说，“我们设想，能不能把镁完全暴露在表面，同时加入专有催化剂，使镁和氢气立马产生反应，像东北铁锅炖一样‘一锅出’？”

有了这个想法，他们立马着手做“锅”——定制了一款高速球磨机，在氢气和催化剂的环境下，通过高速的机械动能撞开镁表面的氧化层，使新鲜的镁表面暴露出来，并且立刻与氢气和催化剂形成“分子保鲜膜”，抢在氧气接触前锁住活性表面，最终通过“一锅法”得到了合格的氢化镁储氢材料。

“这就如同制作芝麻团子时如果先搓好面团再撒芝麻，芝麻就只能沾在表面，而我们现在在和面时就将芝麻揉进面团，每一口都能尝到香气。”曹湖军比喻道。

从基础研究到应用的转化

在实验室里取得成功，团队有了一个大胆的想法，他们认为“一锅法”技术具备规模化放大的潜力，不仅能批量生产出社会需要的氢化镁产品，还能为后续推动 LiMgNH 的应用奠定基础，同时响应国家的能源发展战略，因此希

望尝试推进其工业化应用。

然而，本应顺理成章的事情却让陈萍和曹湖军有些犯难。

“我们是一个基础研究团队，从来没用过应用转化，但是我们心里很清楚，固态储氢产品应用范围很广，这个课题肯定是属于基础应用的一部分，也希望看见我们的技术真正应用在日常生活中。”曹湖军说。

但是，研究团队在实验室往往比较容易“理想主义”，要求各项指标参数都必须做到最好，深谙氢化镁的每一个实验流程，却对“生产成本”“设备选型”等工业参数近乎陌生，而工业生产需要的是能够产生经济效益、合格的产品，而不是完美无瑕的“工艺品”。

转机出现在2021年。在一次中国科学院青年创新促进会的活动中，曹湖军来到了榆林创新院。了解到榆林这片土地蕴藏着丰富的可再生资源，且盛产镁。此外，榆林创新院表示，不仅能够提供充足的场地支持，还可以提供一定的资金保障，这与曹湖军的需求不谋而合。在申请项目过程中，他与榆林创新院积极寻找合作企业，并结识了大连富德金焯新能源有限公司总裁吕志辉。

吕志辉曾在大连化物所学习和工作过，在科研成果转化领域深耕多年，先后完成了甲醇制烯烃等大型工业化项目。一听说陈萍和曹湖军团队在做储氢材料，他表示出浓厚的兴趣，还专门来到大连化物所实地交流，了解到氢化镁目前已经通过了实验室小试，他当即表示同意合作。

面对从未涉足的工业化领域，团队成员心中难免忐忑。吕志辉在工业化方面提出了很多建议，并表示：“你们尽管放手去做吧，相关的困难你们不用担心，有我们呢！”短短几句话使犹豫不决的团队坚定了信心。

随后，陈萍团队将技术授权给大连富德金焯新能源有限公司，并与榆林创新院签署了合作合同，三方一起朝着氢化镁工业化生产目标前进。

坚持不懈的信念是成功关键

随着合作的深入，新的问题产生了。原本在实验室阶段表现卓越的高压高速旋转设备，在工厂中试阶段却难以胜任了，此前的机械力度无法“搅动出”放大十倍、百倍后的原材料，进一步加大扭矩可能导致反应器接口高压泄漏，持续升高温度又会导致镁粉板结。

此时，储氢领域的资深专家熊智涛博士加入团队，为研究注入了新的活力。最终，团队从化工领域的深厚积累中汲取灵感，利用气体流动带动粉末传输，并通过优化搅拌频率，成功将实验室技术适配于大型设备，实现了从实验室研究到工业化生产的关键跨越。

不久之后，一座现代化的氢化镁合成生产线诞生了。

在冬天零下15℃的榆林，曹湖军站在高达五层的工业装置之上，感受着刺骨的寒风呼啸而过，内心却涌动着一股暖流。从实验室到工厂的跨越，于他和陈萍而言，已不仅仅是一句空洞的口号，而是团队共同走过的漫长征程的见证。在他们心中，坚持不懈的信念才是推动科研成果成功转化的核心要素。

“如果不相信工业化能够成功，那么我可以找到无数理由来否定技术的市场化前景——安全问题、工艺放大……但我们的催化剂和制取氢化镁的技术都是原创的，我们坚信它们能够走进工厂的大门，最终的结果也印证了我们的判断。”

在与企业的深入交流中，曹湖军逐渐学会了倾听并理解他人的需求。

他坦言：“作为一个专注于基础研究的团队，我们的‘母语’是化学语言，而工程师们则精通机械语言和设计语言。比如，我提供的是化学反应的边界条件，而他们提供的是设备工艺的参数设置，在这中间是有差异的。因此，我们不仅要成为自己领域的专家，也要学会成为彼此的‘翻译’，找到一个沟通的平衡点，才有可能走向成功。”

“科研人员、设计人员、施工人员、管理人员与企业家齐心协力、全力以赴，相互尊敬、支持和欣赏，也是此次中试项目取得成功的关键。”曹湖军补充说。

目前，150吨/年固态储氢材料氢化镁中试项目已顺利开车，整条中试生产线现场无人值守、自动化运行，实现了氢化镁的高效化、连续化、数字化生产。该生产线制备出的氢化镁材料，纯度高达90%~99%，循环次数可达千次以上，是传统高压气态储氢密度的4倍，能够提供高安全、高效率、低成本的氢能储运解决方案。

展望未来，团队满怀信心地表示，他们将研发性能更优异的储氢材料及其催化剂，同时参与建设产能更大的氢化镁装置，实现生产的全面自动化，为大规模储氢材料的应用提供更为坚实的支撑。

观点

中国科学院院士包信和：

“三招”让高校科技成果转化“转”起来

本报讯(记者倪思洁 实习生葛家诺)高校是科技成果转化的关键力量之一。“长期以来，科研成果转化面临‘三难’——科研成果转化难、国有资产升值难、科研人员创业难。”中国科学院院士包信和近日在接受《中国科学报》采访时说。

包信和介绍，针对这一痛点，中国科学技术大学(以下简称中国科大)探索出一种“赋权+转让+约定收益”的职务科研成果推广模式。该模式试点两年多来，已经转让技术成果64项，处置知识产权281项；科研人员通过作价入股方式新设或增资企业56家，知识产权评估金额约3.44亿元；企业目前知识产权估值约31.33亿元，公司市值累计约116.9亿元。

职务科研成果推广模式的第一招是“赋权”。“高校首先明确成果所有权赋权范围，重点对权属清晰、应用前景明朗、科研人员转化意愿强烈且评估值不低于200万元的科技成果进行赋权。同时，不将可能影响国家安全、国防安全、经济安全的成果纳入赋权范围，保障合规性和可操作性。”包信和说。

第二招是“转让”。“转让就是将学校留存成果的所有权一并转让。”包信和说，“科研团队与学校签署赋权协议后，以赋权成果作价入股创办转化企业或进入已有的企业。公司注册完成之后，可进一步向学校申请受让赋权后的职务科技成果学校共有的部分，投入转化公司，让企业拥有完整知识产权，放手放心推进成果转化。”

第三招是“约定收益”。“对赋权职务科技成果所有权按照一定比例在学校和科研团队之间进行分配，如果成果在安徽省内转化或实施，那么科研团队分80%、学校分20%；如果在安徽省外转化或实施，科研团队分70%、学校分30%。”包信和说，“这是为了回馈安徽对中国科大一直以来的支持和帮助。”

“这是一种通过技术转让形成以股权收益为标的的权益兑现的模式。”包信和说。

为了让“赋权+转让+约定收益”模式实行起来更顺畅，他建议，在现行政策中，明确其性质和管理要求；推进已有税务政策更新与衔接，形成对赋权转化的配套跟进；针对赋权转化项目，尊重市场规律，优化相关政策，宽容失败，对于高校赋权转化企业的学校部分不再进行保值增值考核；进一步提升投早投小投硬科技的资金或基金聚焦服务赋权企业的动力和能力，并大力支持国企投资参股高校成果转化企业，实现国企与高校成果转化企业之间的优势互补、合作共赢。

南医大药学院院长韩峰：

培育医药类高校成果转化专业团队

本报讯(记者李晨)近年来，推动“产学研”平台建设的各类政策有力推动了高校科研成果转化生态的构建，但我国高校专利转化率仍然低于发达国家。南京医科大学(以下简称南医大)药学院院长韩峰指出，其核心瓶颈在于专业化技术转移团队建设滞后。

韩峰告诉《中国科学报》，目前我国成果转化人才短缺，多数医药类高校缺乏兼具医学、药学、知识产权及商业运营能力的复合型技术经理人，技术评估与商业化路径不畅。一方面，体制机制亟待优化。高校的职称评审仍以国家基金、人才头衔、论文为导向，成果转化贡献未充分纳入核心考核，科研人员的创新潜力未能充分激发。另一方面，产学研与研发端协同不足。医药研发与产业需求脱节，缺乏“临床-科研-企业”深度协同平台，早期项目概念验证支持不足，超70%医药专利停滞在实验室阶段。

韩峰认为，只有立足本土实际，通过法律保障、机构专业化、利益激励和生态协同“四轮驱动”，才能突破成果转化瓶颈。唯有如此，才能实现从“论文大国”向“创新强国”的跨越，为经济高质量发展注入科技新动能。

他建议，首先，加强立法赋权，修订《促进科技成果转化法》，明确高校对职务发明的自主处置权，简化审批流程，允许技术经理人全程参与成果转化决策。

其次，设立技术许可办公室(TLO)。在北京协和医学院、南医大等“双一流”医科高校试点设立独立运营的TLO，配备医学背景的技术经理人、知识产权律师及投融资顾问，提供从专利布局到临床验证的全链条服务。建成50家高校TLO试点，培养5000名持证技术经理人。同时，由政府联合高校设立种子基金，支持早期项目跨越“死亡谷”，降低技术市场化风险；扩大“生物医药科技成果转化基金”规模，重点支持原创药、高端医疗器械等领域的早期项目；探索知识产权证券化、科技租赁等工具，降低转化资金门槛。

再次，推行“医药技术经纪人”持证上岗制度，联合行业协会制定职业标准；开设“医药技术转移”硕士专业，融合医学、法规、金融等课程，定向培养高层次人才。

最后，共建产学研联合体，支持高校与龙头企业、地方政府共建技术转移中心，以产业需求倒逼科研选题，推动技术经理人深度参与企业技术攻关。

退休前扎进小村庄，清华教授“跨界”养虾

■本报记者 王一鸣

不久前，清华大学校园内的一件“趣事”引发了不少师生的关注：该校水利水电工程系教授段云岭在即将退休前，一头扎进宁夏的一个小村庄“跨界”养虾。

“我是一不小心搞上水产养殖的。”段云岭告诉《中国科学报》，这个决定与其说是一种冲动，不如说是一种责任。

在宁夏的广袤土地上，黄河水滋养着这片塞上江南。随着水产养殖业的快速发展，银川市贺兰县常信乡四十里店村的养殖户引进了鲜嫩的南美白对虾，但养殖该虾带来的废水排放问题却日益凸显。

为此，当地政府工作人员联系到研究分布式渗流监测系统的段云岭，希望他能帮忙改善养殖水环境，提高养殖效益。

“其实，我对水产养殖的了解很少。我们不会养虾，也不会养鱼，只会研究水，你要愿意让我们做，我们就试试。”段云岭心想，如果能做成，不仅能节约黄河水资源、改善水环境，还能增加农民收入。

只是段云岭自己也没想到，当初说的这一试就是6年多时间。

此前，段云岭曾参与国家原油战略存储、三峡工程等多个国家重点项目的，也曾参与水环境治理项目，但这次的还是让他有点发怵：“我可以采用很多方式改善水环境，但要用食品安全的标准养虾，难度很大。”

2019年，段云岭带着团队来到四十里店村，深入养殖户家中，了解当地的养殖现状。

“养虾水竟然是黑棕色的。”第一次见到虾塘时，段云岭被眼前的一幕吓了一跳。当地养殖户大多采用大塘养殖技术，依赖频繁换水维持水质。这种方式在南方水系丰富的地区较为常见，但在宁夏这样一个水资源匮乏的地区，通常无水可换，偶尔换水还对环境造成了巨大压力。

此外，段云岭还发现，当地一些养殖户尝试了小塘室内养殖模式，虽然不依赖频繁换水，但虾的死亡率异常高。通过测量水质，段云岭发现养殖废水中的污染物，如氨氮、有机物等，严重影响了水体环境，尤其是在养殖密度较高时，水体的自净能力不足，水质恶化明显。

“起初我们以为只要处理好养殖尾水，让各项指标达标就行。”段云岭回忆道。然而，经过一系列水处理程序后，他发现养殖虾的收益甚至还不够支付水处理的电费，“虽然有准备，但还是低估了这事的难度”。

段云岭决定从头学习水产养殖知识。他带领团队查阅了大量文献，走访了多个养殖基地，向当地的养殖户请教虾的养殖经验。

第一次尝试调整水质时，段云岭信心满满。然而，3个月后，本该捞出五六十公斤南美白对虾的室内养殖池，只捞出了两三公斤。“在沉闷的氛围中，我们喝着闷酒，把虾煮着吃了。”段云岭苦笑说。

实现“质量翻番”

“既然单纯依靠生物絮团不能保证水质，那就引入硝化菌帮忙，同时探讨放弃微生物的电化学除氮方法。”段云岭团队通过调研发现，在水产养殖过程中，鱼虾等生物的排泄物和未被消耗的饲料会生成大量氨氮等有害物质。生物絮团技术可以利用特定的微生物降解这些废物，并将其转化为蛋白质丰富的微生物絮团，供生物食用，形成一个低排放、可循环的生态系统。

然而，在实验过程中，段云岭团队发现，由于小塘养殖密度和饲料蛋白质含量过高，生物絮团疯长，导致系统崩溃。“池里都是黏糊糊的东西，像‘爆缸’一样。”段云岭形容道。

如何将生物絮团从水体中捞出来是第一道难关。段云岭团队为此开展了长达3年的实验。他们尝试过过滤网、膜物理过滤方法，最多半小时就给糊住了。之后利用气浮原理，经过无数次失败，终于研制出不使用絮凝剂(具有食品安全风险)的

微气浮装置，破解了生物絮团打捞难题。

控制住生物絮团总量后，水体内还有多余的氨氮，使用硝化菌可以将其转化为硝酸盐。但硝化菌只有在合适的“家”中繁殖，这个“家”养殖池内没有。如何保证水体内有足够的硝化菌就成了第二道难关。

为此，研究团队在养殖池外搭建了一个硝化菌培养站，使用人工陶粒作为硝化菌的“家”，定期将培养出的菌液放入养殖池，实现了养殖池内生物絮团和硝化菌联合净化水体。

然而，新的问题又出现了：这样养出来的虾口感一般，吃起来有些生涩，失去了海虾鲜嫩的风味。经分析，可能是水体中硝酸盐含量偏高造成的。团队再次调整方案，通过使用天然岩石滤料作为硝化菌的“家”，成功降低了水体中的硝酸盐含量，改善了虾的口感。

虽然技术取得了突破，但推广过程并非一帆风顺。

段云岭回忆道：“刚开始，很多养殖户对我们的技术持怀疑态度。”有一次，段云岭邀请一位养殖户试用他们的系统。结果，由于操作太复杂，养殖户很不适应，只用了一天，就把辛辛苦苦培育的水全部倒掉，重新采用换水的老办法。

为了降低使用门槛，段云岭团队开发了一套自动化水体管理设备，集成了生物絮团控制、硝化菌培养和水体微量元素调节等功能。这套设备大大简化了操作流程，让养殖户更容易接受。

从2020年到2024年，段云岭团队协助养殖户将南美白对虾养殖产量稳定在亩产1500公斤左右，单只虾的平均重量也从37克增加到64克，实现了“质量翻番”。

“还有很多事可以做”

长期的调研和考察让段云岭意识到，贺兰县的养殖问题在西北地区颇具代表性。为此，他带领课题组在当地建立了清华大学设施水产养殖综合试验平台。段云岭告诉记者，当地在农业方面做了很多工作，如提供推广示范田、提供



段云岭和他养殖的南美白对虾。受访者供图

专家公寓等，为科研人员提供了良好的支持。

作为一名河南人，身处黄河流域的宁夏所面临的水产养殖困境，引发了段云岭的思考。他认为，黄河流域的高质量发展离不开产业突破。“不光是养虾，宁夏还有很多事可以做，比如利用光照时间长的优势发展贵重金属种植等。”段云岭想破解的不仅是技术难题，也想通过科技创新帮助当地增收致富，推动乡村振兴。

“农业项目一定要长期驻地实验。”段云岭分享了成功经验，农业技术的研发要结合当地的气候、土壤和水资源条件，只有通过实地研究和反复试验，才能开发出真正适合当地的技术和产品。在他看来，农业科技不能停留在实验室里，必须扎根田间地头，与当地紧密交流。

“技术成果转移转化从来不是一蹴而就的，而是需要科研团队的坚持、当地的支持、农户的信任等各方面因素。”今年，段云岭计划通过进一步降低设备成本，将技术推广到规模化养殖工厂。他希望未来的养殖工厂具备4~6层立体养殖池，配备5条生产线，预计产虾量可达每周一吨以上，为黄河流域的高质量发展注入新活力。