

能源之母“氢”装上阵前景如何

□ 丁文江



丁文江，中国工程院院士，轻合金精密成型国家工程研究中心主任，上海交通大学氢科学中心主任。他潜心研究轻合金材料40年，带领团队创制的镁稀土合金，在航空航天、医疗、能源等领域大放异彩。他在镁基固态储氢材料基础研究、应用开发、工程化研究和技术转移等领域实现了多项突破，为解决氢能利用中的储存、运输难题，提供了建设性方案。他曾荣获国家科技进步二等奖、国家技术发明二等奖、“全国优秀科技工作者”等荣誉。

氢是自然界的能源之母，绿色低碳转型的重要载体，因其清洁、高效、可持续，氢在新能源发展中被寄予厚望。由于氢通常以气态形式存在，且易燃、易爆、易扩散，导致常温常压下，氢气的储存和运输存在很多现实难题。目前市场上常用的高压气态储氢和低温液态储氢成本高、能耗大，大规模应用存在很多障碍。能否另辟蹊径找到一种新办法，让氢储运成本更低、安全性更好、更适合规模化应用需求？经过长期攻关，找到了一个新方向：用固体形式来存储氢气。我国科研人员从镁材料中发现了机会，制备出一种神奇的合金材料，这种材料不仅让氢进出自由，还能对氢进行净化，让氢以固体形式留在镁基材料中，从而使得存储和运输量更大、成本更低、安全性更高。目前，这项固态储氢技术在交通、风电、冶金等领域，已开始逐步探索应用。这种神奇的合金为什么能有效破解氢能储运难题？在研发的道路上经历了怎样的曲折才最终找到这条“金光大道”？在能源结构向低碳、清洁、绿色转型过程中，还需攻克哪些难关才能实现“氢”装上阵？

如何让昂贵的“氢”变得低廉

氢在元素周期表里排第一位，实际上氢是自然界的所有能源之母，能源转型的过程中氢是一个不可或缺的角色。这样好的能源，距离真正进入大规模应用还有很大的距离，它的痛点主要在于成本。首先，氢在自然界是没有的，它属于二次能源，一定要从其他东西转化过来。制氢现在一般都是用煤或者用电，用煤制氢的时候会排放二氧化碳，用电制氢的时候，要用铂金作为催化剂，铂金就比较贵。其次，氢制造出来要储运，现在储运氢，就是用有一个大概有200个大气压的高压罐，把氢压缩在里面，拉来拉去，这就是气态运氢。一辆49吨的卡车，只能装300公斤氢气，效率非常低，所以运氢就比较贵。还有一种就是用液态运氢，就是在零下253摄氏度把氢气液化了，要到零下253摄氏度才能实现它，这是一个很大的困难；再加上运输它要密封，对各种各样的管道、泄漏都要很好地控制，所以成本也比较贵。最后，加氢站建

设要占地，成本也非常贵。

轻合金材料里面含有镁，在表现过去的电视剧或者电影当中，出现照相场景的时候有一种镁光灯，这个镁光灯就是利用镁燃烧的一刹那放出的光进行拍照。水蒸气在一定的状态下可以变成雾，也可以变成霜，这个霜就是李白说的“床前明月光，疑是地上霜”那个霜。我国到目前为止生产的镁占了全世界90%，90%的镁都是镁蒸气变的。我当时有一个想法，就是能不能让它变成“霜”呢？就是镁的“霜”，“霜”的质点会非常细，就像纳米状态的细的镁粉，在高科技产业，特别是在一些含能材料里面有非常广的应用前景。15年前，我们的科研团队开始对镁材料进行功能性研究，因为镁极其活泼，当磨得很细的时候，非常容易发生爆炸。为了解决镁易爆的问题，研究团队尝试使用多种气体来进行安全性保护，比如氮气、氩气、二氧化碳、六氟化硫，但都没有成功。最后经过上千次的实验，做了各种可能的尝试，依然无法解决这个难题。眼看山穷水尽，苦没办法之际，我们想到了氢。结果实验成功了，氢一接触纳米镁就变成了镁氢素，不但没爆炸，而

且非常安全。长期的探索与积累，最终取得了回报。我们首创的用蒸气法来制造含镁氢的合金新材料，初步具备批量生产的可能，也给低成本固态储氢的应用带来了希望。

固态储氢为能源发展带来改变

有了固态储氢材料创新和技术基础，我们团队进一步在应用上进行工程化研究。一辆49吨的卡车，气态运氢只能装300公斤氢气，如果换成固态储氢，储氢量可增加4倍以上，还可在常温下长距离运输，安全性也好。朝着这个方向，我们准备制造储氢能力1吨以上的标准集装箱，不过，这种大型固态储氢装置的建造，需要研究解决的课题也很多。这样大型镁储氢装置，氢的进入和脱出是相当困难的，特别是在表面氧化之后，要形成一些催化点在镁材料上面，相当于氢进入和脱出的一些窗口。我们经过反复实验，不断尝试新的方法，才初步实现了氢的吸入和放出。但是，在这一过程中会产生大量的热，

如何解决热失控的问题，又成了新的难点。研究团队经过不断测试，通过控制氢气流量，让它调节在一个合适的范围才逐步解决了热失控的问题。在科技创新的路上，我们经过5年的研究，终于在2022年12月份试制出世界首台标准化镁基固态储氢车。这种储氢车可以储存1.5吨的氢气，是常规气态储氢的4到5倍，而且可以在常温常压下储运。标准集装箱式设计的镁基固态储氢装置能够适应铁路、公路、轮船等不同的运输方式，适合长距离、大规模氢运输。不同的集装箱组合在一起，可以固定存储大量的氢能，形成大规模的固态储氢站。不过，因为固态储氢储放氢的过程需要能量介入。储氢的成本怎样呢？据测算，气态存储1公斤氢气从常压常温压缩到35兆帕所需的能耗是5度电；液态储氢从常压常温液化为1公斤氢气需耗电15度；常温常压下固态储氢放1公斤氢气需耗电14度。镁基固态储氢装置在实际应用中需要跟各种场景匹配，控制储放氢的能量损耗和成本是关键点。这些核心问题一旦解决，氢能就可以登上更广阔的舞台，释放巨大的能量。

固态储氢前景广阔

固态储氢不仅可以在交通运输、储能、家庭热电联供等领域广泛应用，在工业生产中它也同样前景广阔。比如，半导体行业在生产过程中需要大量高纯度的氢，依靠气态存储瓶，供应量小且存在安全隐患，如果用一种75公斤的固态储氢罐来供氢，不仅储氢量相当于15个气态氢气瓶，还更加安全高效。为此，我们团队进行了专项研发。但是，在研发过程中，材料膨胀如何控制的技术难题又摆在面前。经过多次不同场景下的模

拟测试，始终无法解决这个问题，研发小组一筹莫展。直到在一次激烈的现场争论中，我们从爆米花中获得了灵感。按照这个思路，我们把材料进行加热加压，再卸压，在不同的温度环境下反复进行实验，终于找到控制材料膨胀的诀窍，使得氢气可以稳定地、均匀地储存和释放。75公斤的固态储氢罐最终被研制成功，给半导体行业的供氢带来新选择。事实上，这只是固态储氢技术在工业领域应用的一个场景，它也说明，氢能的应用可以更加广泛，在冶金、电力等行业的节能减排过程中，还可以有更大的发挥空间。那么，固态储氢进企业能带来哪些重大技术革新？实现“双碳”目标，固态储氢技术又能作出怎样的贡献？

金氢工程，简而言之，是在特殊催化剂的作用下，将废弃物中的碳氢化合物，特别是甲烷，在低能耗条件下，逐级脱去氢原子，最终裂解生成氢气和碳材料的过程。这一过程中利用的加热源是工业余热、废热蒸汽和地热等，而传统处理废弃物的方式，需要燃烧，并会大量排放二氧化碳。相比之下，金氢工程碳排放几乎为零，而且产生的碳会被固定下来，甚至实现了负排放。

我国甲烷资源十分丰富，既能从大量的湿垃圾、农业废弃物等富含碳氢元素的有机固体废物作为原料来制取，又能从煤层气、焦炉煤气及其页岩裂解气中分离出来。金氢工程可以广泛在垃圾发电厂等场景中使用，我国每年生产的氢有近80%来源于煤炭重整制氢，不进行二氧化碳捕集，这又称为灰氢。如果将低品质的煤先转换成甲烷，再通过金氢工程转化为高纯氢和高纯碳材料，就可实现近零碳排放。高纯度氢气可以大批量固态存储，运输到相应的使用场景，将真正实现灰氢变身绿氢的飞跃，为实现“双碳”目标贡献力量。



学习时报与央视中国经济大讲堂合办



更多精彩内容扫码看视频

大语言模型给我们带来什么

□ 王海峰

大语言模型某种程度上具备对人类意图理解能力

美国作为传统的科技强国，在大模型发展方面具有一定的优势，美国各巨头科技公司均有相关雄厚的技术资源和能力。中国在大模型发展上正在迎头赶上，各科技公司纷纷加入了大模型开发和应用的队伍。总体而言，虽然与国际领先水平相比仍然存在一定的差距，但以文心一言为代表的国产大语言模型的出现，让我们成功跻身这场全球科技竞争当中。这背后得益于全栈人工智能技术的加持。

人工智能技术栈可分为“芯片层、框架层、模型层和应用层”，在技术栈的每一层，都有领先的关键自研技术，实现了层与层反馈，端到端优化，大幅提升效率。作为自主研发的知识增强大语言模型，文心一言在技术四层都有涉及，尤其是飞桨深度学习平台和文心大模型的联合优化，为文心一言提供了坚实的技术支撑。

文心一言是多年技术积累和产业发展的水到渠成。早在2019年，文心大模型ERNIE 1.0发布。经过4

年研发和迭代，文心大模型已经形成了产业级知识增强大模型技术体系，包括自然语言处理大模型、视觉大模型、跨模态大模型、生物计算大模型、行业大模型，以及支撑大模型应用的工具平台，蕴含了大量自主创新并且在大规模产业应用中得到验证的技术。其中有些关键技术已申请专利或发表论文，还有一些相关技术已开源开放。

杜甫有诗：“读书破万卷，下笔如有神”。这句诗一定意义上也是大语言模型的形象写照：从海量数据中学习，相当于读了万卷书籍，吸收和理解了海量知识，在此基础上，就可以按照用户的需求去创作文案、回答问题、完成总结分析。当下，文心一言、ChatGPT等大语言模型在某种程度上具备了对人类意图的理解能力，其回答的准确性、逻辑性、流畅性都逐渐接近人类水平。但整体而言，这类大语言模型还远未到发展完善的阶段，有赖于通过更多真实的用户反馈逐步迭代进化。

国产大语言模型处于什么水平

技术上的比较优势，是未来国际竞争中的立足点，也是人们普遍关心的问题。文心一言在文心知识增强大模型ERNIE及对话大模型PLATO的基础上研发，基于飞桨深度学习平台训练和部署，其关键技术包括，有监督精调、人类反馈的强化学习、提示、知识增强、检索增强和对话增强。前三项是这类大语言模型都会采用的技术，此前已经有应用和积累，文心一言中又进行了进一步强化和打磨，做到了更懂中文、更懂中国文化、更懂中国的使用场景；后三项则是我们已有技术优势的再创新，也是文心一言越来越强大的技术底气。

我们可以用老师教学生来类比大语言模型背后的技术原理。预训练大模型像博览群书的学生，记住了很多知识，但需要老师来指导如何运用，

而有监督精调就是老师在教学生，将提炼出来的知识要点、典型范例等教给模型，让它知道该如何符合人类的规范、习惯和价值观，如何按照人的指令去执行相应动作，生成相应内容。在文心一言中我们训练了奖励模型，为每次输出的结果打分并反馈给模型，进行强化学习。随着真实用户的反馈越来越多，文心一言的效果会越来越好，能力越来越强，进步“一日千里”。同时，文心一言还融合了不同类型的数据和知识自动构造提示，包括实例、提纲、规范、知识点和思维链等，提供了丰富的参考信息，激发模型相关知识，生成高质量结果。

在知识增强方面，知识是人类认识和改造世界的智慧结晶。文心一言基于庞大的知识图谱，通过知识内化和知识外用来实现知识增强。知识内化，是从大规模知识和无标注数据中，基于语义单元学习，利用知识构造训练数据，将知识学习到模型参数中；知识外用，是引入外部多源异构知识，做知识推理、提示构建等等，使模型具备有效运用外部知识的能力。在知识的指导下，文心一言如同站在巨人的肩膀上，学得又好又快，模型效率和效果均大幅提升。

在检索增强方面，文心一言借助了搜索引擎的能力。以语义理解与语义匹配为核心技术的新一代检索架构，深入理解用户需求和网页内容，进行语义匹配。通过引入搜索结果，可以为大模型提供时效性好、准确性高的参考信息，更好地满足用户需求。

在对话增强方面，基于对话技术和应用积累，文心一言具备记忆机制、上下文理解和对话规划能力，使得对话的连贯性、合理性和逻辑性更好。

未来国力竞争与生产力提高的重要资源

大语言模型不仅仅是一项技

术，更是未来国力竞争与生产力提高的重要资源。以深度学习平台和大模型为代表的AI新型基础设施，对科技创新、产业升级和高质量发展意义重大。大语言模型的快速进步，正在激发新业态、新模式，由此带来的工作方式、教育模式等的变革，以及人工智能安全等问题引起社会的热议。

在工作方式的变革方面，人工智能技术，本质上是提升生产力的工具，可以跟人协同工作，也可以替代人完成一些工作，使我们有机会去做更具创造力的事情。人类历史上任何一次科技革命和产业变革都会带来一些工作被替代、工作方式的改变，同时创造了更多新的工作机会。如同汽车出现后，马车夫这样的工作不复存在，但汽车带来的工作机会多了很多倍。随着技术的进步和生产效率的提高，人们的生活会越来越美好，因为科技创新带来了各种各样新的机会。

在教育模式变革方面，“死记硬背”已经落伍，教育将与时俱进，向激发灵感、培养创造力的方向转变。在未来，如何用合理的输入指令来使用大语言模型，如何基于大语言模型的输出来进行创造性工作，可能是每个人的必备技能。我们不仅要培养懂人工智能技术的人才，也要培养会运用人工智能技术在各行各业中解决问题的人才，才能在建设科技强国的征程上稳步向前。

大语言模型及相关人工智能技术的发展，要坚定遵守相关法律法规和伦理规范，配备相应的监督和管理机制，从各个环节做好安全防范。在文心一言的开发过程中，从最初的数据的采集、处理，模型的训练，到最后的使用过程，构筑了五道安全防线，也有数据管理委员会，与社会各界共同合作，不断完善相关政策、规则，强化人工智能安全。

随着大模型带来的智能化创新热潮不断涌现，大语言模型的下

一步会是通用人工智能吗？就像人造地球卫星永远也不会和月球这样的自然卫星画等号一样，人工智能永远也不会直接跟人类的智能完全画等号，研究人工智能是在研究用技术手段来模拟、延伸和拓展人的智能，最终目的是为人类带来更先进的科技，服务于人类更美好的生活和社会的发展。人工智能的通用性越来越强，部分能力已经达到或超越人的水平，比如人工智能棋手的水平已经超过世界上最强的选手；自然语言理解的国际评测上，知识增强语言模型的得分已经超过人类得分；智能质检设备可以检测到肉眼发现不了的缺陷和瑕疵，准确率和检测速度大幅提升等等，远远超过人的能力。从这个角度来看，可以认为通用人工智能在一定程度上已经实现了，但比起这个概念本身，我们更应该关注人工智能为人类带来的价值。

从大模型的产业模式来看，大模型依赖算法、算力和数据的综合支撑，产业化面临挑战：模型体积大，训练难度高；算力规模大，性能要求高；数据规模大，数据质量参差不齐。大模型需要类似“代工厂”的产业模式，即具有算法、算力和数据综合优势的企业，将模型生产的复杂过程封装起来，通过低门槛、高效率的生产平台，为千行百业提供大模型服务。大语言模型既是人工智能发展的一个里程碑，更是分水岭。未来，文心一言这类大语言模型会成为通用的赋能平台，金融、能源、媒体、政务等各行各业，都可以基于实现智能化变革，提高效率，创造巨大的商业价值。

放眼全球，以文心一言为代表的国产大语言模型让中国第一时间参与到世界前沿科技竞争中，意味着我国的人工智能可以参与制定竞争规则，掌握科技创新、经济发展的主动权，避免受制于人，也为产业上下游发展赢得先机。