

我国绿氢规模化应用实现零的突破

热点透视 rediantoushi

库车绿氢示范项目的建成投产，不仅首次贯通了光伏发电、绿电输送、绿电制氢、氢气储存、氢气输运和绿氢炼化全产业链，而且还形成了具有自主知识产权的大规模电解水制氢工艺与工程成套技术，将为绿电制绿氢产业发展提供可复制、可推广的示范案例。

8月30日，中国石化宣布，我国规模最大的光伏发电直接制绿氢项目——新疆库车绿氢示范项目全面建成投产，这标志着我国绿氢工业化应用实现零的突破，也被业界认为是我国绿氢产业发展的一个里程碑。

中国石化新星新疆绿氢新能源有限公司总经理范林松表示，该项目所用的光伏组件、电解槽、储氢罐、输氢管线等重大设备及核心材料全部实现了国产化，有效促进了我国氢能装备和氢能产业链发展。

9700 多亩土地上安装 50 多万块光伏板

氢能被称为“21 世纪的终极能源”。国际氢能委员会发布的《氢能未来发展趋势调研报告》称，2050 年，全球氢能需求将增至目前的 10 倍，产业链产值将超过 2.5 万亿美元。

另据中国氢能联盟预计，至 2025 年，我国氢能产业产值将达到 1 万亿元。2050 年，氢能在我国终端能源体系中占比将超 10%，产业链年产值将达 12 万亿元。

那么何谓绿氢？根据中国氢能联盟发布的《低碳氢、清洁氢与可再生氢的标准与评价》，氢气一般分为低碳氢、清洁氢与可再生氢，俗称灰氢、蓝氢和绿氢。

灰氢指的是通过化石燃料（石油、天然气和煤）制取的氢，在制取过程中碳排放强度相对较大；蓝氢指的是利用化石燃料制取的氢，同时配合碳捕捉和碳封存技术，碳排放强度相对较低；绿氢指的是利用风电、水电、太阳能、核电等可再生能源，通过电解的方式制取的氢，制氢过程完全没有碳排放。

国际投资银行高盛集团此前发布的报告认为，绿氢已成为实现全球净零排放的关键支柱，有助于减少 15% 的全球温室气体排放，是深度去碳化的最终解决方案。

由光伏电和风电构成的绿电，是生产

绿氢最理想的能量来源。光伏发电直接制造绿氢，简单来说，就是将光伏产生的绿电输送到制氢厂，通过电解槽等核心装置，以电解水的形式产生氢气。由此产生的绿氢将被运送到炼厂、钢铁厂等应用端，替代原有的灰氢和蓝氢。

占地 9700 多亩的库车绿氢示范项目，安装了 50 多万块光伏板。当太阳光照射到光伏板表面时，受激发产生的游离电子会在内部电场的作用下定向移动，于是形成了电流。

项目作业团队通过专业的辐照计算软件测算光伏组件的最佳倾角，确保组件全年接受的太阳辐射最大化，并选择双玻璃面板增加太阳光利用率。这些光伏板年发电量近 6 亿千瓦时，平均每天发电 159 万千瓦时。

随后，这些绿电将由 23.7 公里长的输电线路输送至绿氢工厂。在制氢车间的 52 台电解槽中，远道而来的绿电将配置好的碱液电解成氢气和氧气。氢气经过提纯后，将被送往 10 个巨大的球形储罐，并最终被送往中国石化塔河炼化公司，用于替代过去炼油加工中一直使用的灰氢，实现炼油产品绿色化。

重大设备及核心材料全部实现国产化

“这是绿氢炼化首次实现规模应用，对炼化企业大规模利用绿氢实现碳减排具有重大示范效应。”范林松表示。

中国石化塔河炼化公司生产管理部副经理刘子英则表示，这是第一次把绿氢引入炼油企业来进行加工。“我们的两套天然气制氢系统最终会完全停用，每年大概可以减少天然气使用量 2.4 万吨，这是实现绿色炼油的一个探索。”

范林松表示，作为我国首个规模化绿电制绿氢项目，库车绿氢示范项目建设中面临着工艺技术新、规模大、无成熟工程案例可借鉴等难点。

中国石化通过联合攻关、揭榜挂帅等形式，突破性地解决了新能源波动电力场景下柔性制氢并连续稳定向下游炼化企业供应难题。

举例来说，光伏等可再生能源发电量具有一定的波动，如果遇上雨天导致发电量减少怎么办？中国石化通过自主开发绿电制氢配置优化软件，将电控设备与制氢设备同步响应匹配，实现了“荷随源动”，大幅提升了设备对波动的适应性。该项目还形成了一套集合了预测光伏发电、电氢耦



新疆库车绿氢示范项目制氢厂。■ 中国石化供图

合自动化控制等的创新性技术，可根据光伏发电情况预测产氢量和外输量，实现氢气制、储、输的自动计算和控制。

此外，项目中形成的万吨级电解水制氢工艺与工程成套技术、绿氢储运工艺技术、晶间管整流技术、智能控制系统研发等创新成果，均实现了工业应用。

值得一提的是，范林松说，库车绿氢项目所用的光伏组件、电解槽、储氢罐、输氢管线等重大设备及核心材料全部实现国产化，有效促进了我国氢能装备企业发展。以电解槽为例，在该项目启动之前，国内的 1000 标准立方米小时电解槽累计需求量不到 30 台，而仅库车绿氢示范项目就需要 52 台，有力促进了国内电解槽产业的规模化生产。

未来 10~15 年是绿氢产业发展关键阶段

库车绿氢示范项目的建成投产，不仅首次贯通了光伏发电、绿电输送、绿电制氢、氢气储存、氢气输运和绿氢炼化全产业链，而且还形成了具有自主知识产权的大规模电解水制氢工艺与工程成套技术，将为绿电制绿氢产业发展提供可复制、可推广的示范案例。

除了库车绿氢示范项目外，今年 2 月，

中国石化还启动建设了鄂尔多斯 3 万吨/年绿氢项目。该项目将通过风光耦合所制绿氢就地供应中天合创能源有限责任公司生产高端绿色化工材料。

但总体而言，范松林认为，绿氢工业仍处于产业发展初期阶段，规模化工业应用主要面临技术、成本、应用场景不完善等问题。

当前主流绿氢技术路线，主要为碱性水电解制氢技术(AE)和质子交换膜水电解制氢技术(PEM)。业内人士称，我国 AE 制氢技术水平与国外相近，拥有完全自主知识产权的设备制造、工艺集成能力。在 PEM 制氢技术方面，我国尚处于研发走向工业化的前期阶段，电解槽的质子交换膜和膜电极等核心技术和装备目前主要依赖进口。

其中，电解水制氢系统在制氢站总成本中的占比约为 80%，且技术壁垒较高，因此电解槽的成本和技术的进步革新，是绿氢产能更上一层楼的关键。

业内专家分析，未来 10~15 年将是绿氢产业从培育期走向商业化初期的关键阶段，绿电绿氢一体化生产、氢能基础设施和氢基碳中和解决方案等将逐步走向成熟；再用 15 年左右时间，绿氢在主要应用领域有望实现规模化部署。

操秀英

有效提高储量动用率和气藏采收率

重复压裂技术让页岩气老井“返老还童”

“施工效率越来越高，新技术已让三口页岩气老井‘返老还童’。”9月11日，中石化江汉石油工程有限公司（以下简称江汉石油工程公司）工程技术研究所所长豆瑞杰说。随着采用重建井筒重复压裂施工技术，焦页 29-1HF 井各项指标一次成功率达 100%，施工周期从 32 天缩短到了 20 天。

自主创新突破技术壁垒

早在 2015 年，北美油气率先应用重建井筒重复压裂技术，并取得了良好的社会效益。这项技术就好比旧房改造，它

能再次改造地层，激发页岩气老井潜力。

豆瑞杰介绍，重建井筒重复压裂技术可对产量贡献较低的老页岩气井进行井筒重建，通过在原有套管中下入尺寸更小的套管，封堵原改造层段，精准挖潜段间剩余储量，提高单井采收率。与传统的全井暂堵转向重复压裂技术相比，该技术可解决投球封堵的次序和位置不准确、液体走向规律不明确等问题，能有效提高储量动用率和气藏采收率。

为了攻克这项技术，2020 年底，江汉石油工程公司与井下测试公司与江汉油田等单位合作，围绕涪陵页岩气田增储上产开

展研究。通过两年攻关，重建井筒重复压裂技术终于实现了自主化，并在涪陵页岩气田试验成功，首口试验井获得每天 18.38 万立方米的高产工业气流。

试验虽取得成功，但由于工艺复杂、关键工具国内空白、施工费用高周期长等问题，该技术仍需通过自主创新打通应用的“最后一百米”。

为此，江汉石油工程公司井下测试公司组建“页岩气重建井筒重复压裂”创新团队，联合江汉油田建立多专业国产化工具材料攻关小组，在对标国外关键技术指标的基础上，围绕全技术链开展技术创新。立足涪陵页岩气田地质条件、水平井井筒特点、剩余储量分布规律等，团队在重建井筒的套管尺寸和管柱委收方式上，选择了与北美重建井筒重复压裂工艺不同的方向，形成了以动用缝间剩余储量为为核心的重复压裂工艺优化设计技术。

经过持续实践，上述创新团队系统开展井筒重建、重复压裂工艺、入井工具材料国产化等研究，形成了 9 项关键技术，突破了 8 项关键工具及材料研发难题，实现重建井筒压裂工艺自主化、关键工具和材料国产化，并获得多项国家发明专利。

规模应用支撑产业发展

新技术成功应用，对国内页岩气产业高质量发展具有重要支撑作用。

涪陵页岩气田从 2013 年进入大规模商业开发阶段，目前累计探明储量近 7000 亿立方米，投产气井 700 余口。其中，部分气井在早期压裂工艺的作用下，经历稳产、

间开和增压间开多个阶段，已进入低产期。

2022 年 12 月 9 日，我国首口采用全自主化工艺技术和工具材料的重建井筒重复压裂气井——焦页 5-1HF 井，成功试获每天 14.2 万立方米的高产工业气流，测试产量恢复到初次压裂的 75.1%，达到国际先进水平，为国内页岩气老区开发增储上产提供了借鉴。

今年 7 月，江汉石油工程公司井下测试公司重建井筒重复压裂施工的第二口井——焦页 21-3HF 井圆满完成施工，试获每天 11.28 万立方米的高产工业气流，进一步促进了重建井筒重复压裂关键技术国产化进程和规模化应用。

“页岩气提高采收率的手段还有井网加密、排水采气工艺等。”豆瑞杰介绍，井网加密即在页岩气老井周边重新打一口水平井，但打新井的成本远高于老井重复压裂。排水采气工艺主要是对老井进行机械排采、泡沫排水采气、注气举升等，该工艺对于地层压力充足的井效果较好，但对衰竭严重的井难以起到作用，因此重复压裂技术是当前老井复产最经济有效的手段。

目前，重建井筒重复压裂国产化技术及工具已基本成熟，涪陵气田也已完成低产井重复压裂技术推广和复杂构造区效果评价。下一步，江汉石油工程公司将开展高累采区现场试验，预计 2024 年将在涪陵区块开展重建井筒重复压裂技术的规模化应用。此外，中石化武隆、中石油长宁等页岩气区块也普遍投产超过 5 年，该技术在这些区块同样拥有较大市场。

吴纯新

创新杂谈 chuangxinza

开学季，一些主打科学启蒙的“科学玩具”受到家长关注。“培养创造力”“激发好奇心”“让孩子在玩中变聪明”……这些打着“科学教育”旗号的玩具产品，大多模仿学校、科研机构的教具或器材，以套装形式出售，或是配有明矾、小苏打等化学原料，或是配置实验器具，操作和玩法多样，成为玩具市场的“新宠”。

好奇心是人的天性，引导孩子接触科学，有助于在他们心中播下科学的种子。纵观科学史，不少取得突出成就的科学家，都是在小时候便萌生对科学的热情，而引导他们步入科学殿堂的，往往是一段与科学的不期而遇。科学的魅力是无穷的，走近科学的方式是多样的。借助“科学玩具”，孩子们能直观了解奇妙的科学世界，进而激发好奇心和求知欲。从这点看，寓教于乐的“科学玩具”走红具有一定的积极意义。

还应看到，由于部分产品涉及化学实验，“科学玩具”不仅要在产品质量上过关，对安全性也应有更高要求。然而，据媒体报道，一些“科学玩具”存在安全隐患。比如，有的“科学玩具”为“三无”产品，部分化学原料经多个环节倒手，生产和流通渠道不明，安全性难以保障。再如，有的玩具使用了易燃材料，操作时要格外注意，需佩戴手套、护目镜等防护设备，但商品操作手册和包装缺少醒目提示。为“科学玩具”上好“安全锁”，让“科学玩具”更安全，才能让孩子们更好地与科学相遇。

必要的监管措施应跟上。一段时间以来，针对玩具存在的安全问题，监管力度不断加大。不久前，市场监管总局印发通知，部署在全国范围内开展 2023 年儿童和学生用品安全守护行动，重点关注玩具产品化学危害、物理危害、可燃性危害等问题。一些地方也陆续推出监管举措，整治清理了一批违法违规产品。进一步筑牢“科学玩具”的安全屏障，还可以通过增加抽查检测频次，建立“黑名单”制度等方式，防范劣质产品流向市场。各类销售商家特别是网络销售平台应强化责任，标识“科学玩具”包含的材料成分和含量，做好安全风险警示等，并及时下架存在安全隐患的产品。

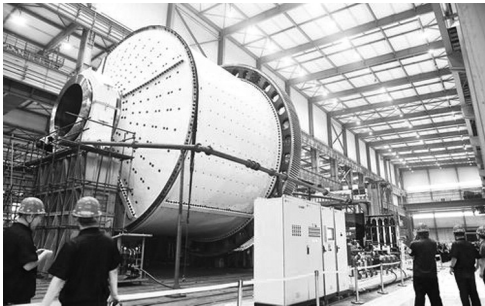
完善安全标准必不可少。目前，我国玩具安全标准主要依照 2014 版《玩具安全》系列国家标准来执行。相较于之前的版本，该标准适用范围更广，且加严了对声响、机械部件、燃烧性能等安全指标的要求。但对于科学类玩具，由于没有专项规定，一些产品可能借“科学”之名，以其他品类商品的名目逃避监管。因此，有必要完善相关细分标准，从源头严把市场准入关。家长选购此类玩具时，也应注意选择有规范认证的产品。

“科学玩具”受到家长们的青睐，一定程度反映了全社会对科学教育的旺盛需求。学校是科学教育的重要场所，广大中小学应创造条件，因地制宜开设一些科学实践课，满足孩子们接触科学的需求。科技馆、科普教育基地等也应发挥作用，让孩子们在科普活动中潜移默化地提升科学素养，激发好奇心、想象力、探求欲。全社会共同努力，定能更好在孩子们心中播下科学种子，呵护他们在科学天地里茁壮成长。

为『科学玩具』上好『安全锁』

■ 喻思南

国内矿山应用规格最大磨机下线



■ 视觉中国供图

9月12日，中信重工按照国际标准自主研发制造的直径 11 米、长 7.2 米半自磨机和直径 7.92 米、长 14.33 米溢流型球磨机在河南洛阳试车下线。

这是目前国内矿山应用规格最大、在青藏高原 5300 米高海拔应用的半自磨机和球磨机，代表了国际高端矿业装备的先进水平。

亚鑫集团：技术革新助减排 节能路上步履坚

（上接 A1 版）从干熄炉环形烟道出来的 900℃ 高温循环气，经余热锅炉进行热交换，锅炉产生的高压蒸汽用于发电，可满足企业 85% 至 90% 的用电需求。而冷却后的惰性气体降至约 100℃ 左右再由风机重新鼓入干熄炉，实现了循环使用。

技术革新不仅让亚鑫集团节能，还大幅降低了水资源的消耗。“以前采用的湿熄焦工艺，吨焦耗水在 1.4 吨左右。现在采用干熄焦工艺，吨焦耗水降低了 70%（每年节约新水约 274.4 万吨），现在吨焦耗水只有 0.35 吨左右。目前采用的热焖间控蒸氨技术，将蒸氨废水再沸后产生的蒸汽作为热源利用，减少了系统蒸汽和循环水耗量，能够实现减少废水 20%，节省废水处理 17.52 万吨/年。”赵创群借助显示屏向记者介绍道。

据了解，亚鑫集团从 2021 年 10 月底利用初冷器上段余热及循环水余热回收的热能进行供暖，热负荷达到 59.5MW，可实现冬季供暖面积 100 万平方米，夏季实现制冷，供全公司生产所用，剩余的可供办公、住宅制冷，可达 20 万平方米。在能耗方面可实现每年节省标煤 20.5 万吨。

近年来，为深入实施数字经济、助力企业高质量发展，亚鑫集团在各个生产环节通过不断的节能技改，同时还建设了云数据中心，实现了业务系统在数据中心服务器运行，确保了数据的安全和资源最大化利用。5G 专用网络的配置，对炼焦过程实现了远程控制；在生产管理方面，生产数据也实现了自动采集和分析。一系列措施的实施实现了炼焦生产的全自动无人操作、生产全过程数字化管控，建设了安全管控信息化平台，实现了对重大危险源、安全隐患以及排放物的实时监测。真可谓是节能减排正当时，企业发展未来可期。



江汉石油工程井下测试公司焦页 5-1HF 井重建井筒重复压裂施工现场。■ 陈铭摄

山西新聚星：锚定高精尖 攀登不止步

（上接 A1 版）据了解，板片形式主要有入字形波纹板、水平平直波纹板、球形波纹板、斜波纹板和垂直波纹板五种。板式热交换器具有传热系数高、压降小、质量轻、可选择材料广以及容易实现规模化生产等特点，已被广泛应用于食品、机械、冶金、石油化工和船舶等领域。”

“新时代，新机遇，大力实施科技创

新驱动发展战略，加快转变经济发展方式，才能应对发展环境变化，提高核心竞争力。”山西新聚星董事长任二平说。山西新聚星通过自主研发，攻关突破了锅炉制造的核心关键技术。目前公司已经拥有国家专利 45 项，并获得“国家高新技术企业”“民营科技企业”“山西省专精特新企业”“工程技术研究中心”“节能

技术创新中心”“研发中试基地”等多项荣誉。

山西新聚星将科技创新作为企业发展的“强引擎”，探索出一条高质量发展的新路径。“未来我们将在熟悉的领域持续深耕细作、精益求精，不断进行技术创新。同时也将努力寻找新的增长点，紧记行业前沿拥抱‘双碳’时代新机

遇，为节能减排和环境保护贡献力量。”在任二平看来，创新永远是引领发展的第一动力。山西新聚星坚定绿色低碳发展方向，更好地服务和融入新发展格局，为推进产业结构绿色低碳转型、能源结构优化贡献力量，为实现碳达峰、碳中和目标发挥表率作用，为建设美丽中国作出贡献。