

探索高效利用天然氢能,世界第一口刺激氢井今年将开钻

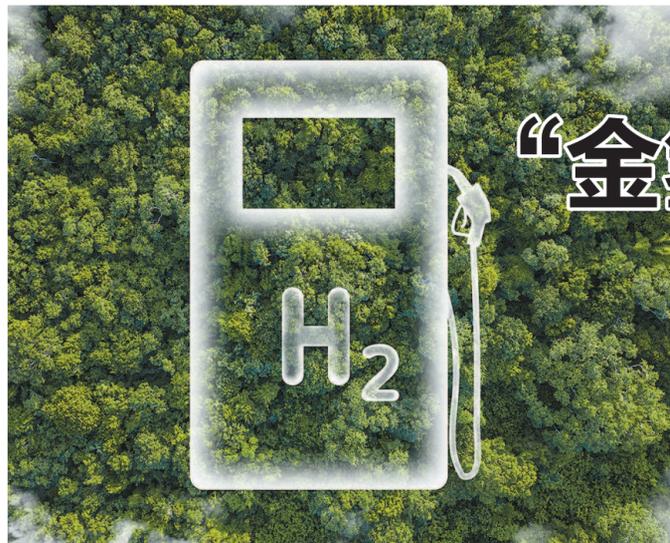
“金氢”热潮会否重塑未来能源格局

作为最理想的清洁能源之一,氢能在构建零碳地球中的地位举足轻重。到2050年,全球氢能需求将增至目前的10倍。目前,全球每年使用的1亿吨氢气主要来自合成,但这只可能是氢能供应的一小部分,氢经济起飞的希望在天然氢。

自从天然氢源发现以来,一股寻找“金氢”的热潮已在全

球兴起。“金氢”的称谓,表明了天然氢源相较于工业氢更经济、更低碳的优势。尽管预估储量高达万亿吨,但如何合理开采利用天然氢这一宝贵资源,仍是摆在人类面前的一道难题。

今年,世界首个刺激氢井将在阿曼开钻。天然氢开采和生产一旦实现商业化,将极大推动化石燃料的淘汰进程,重塑未来能源格局。



■本报实习生 刘琦/编译

驶出马斯喀特,阿曼首都的白色建筑被哈杰尔山脉前面的一片开阔沙漠所取代。乘坐越野车行驶了两个小时,地球物理学家阿马尔·阿拉利与同事终于到达了此行的目的地。那是在沙漠中的一汪宁静泉水,水边环绕着金色的草地和椰枣树。阿拉利看着泉水中冒出一股气泡,不以为意地皱了皱眉头。他说:“这是在浪费能源。”

阿拉利之所以来到这里,是因为阿曼的山脉是全球范围内正在寻找的一种最具潜在变革性的燃料的最佳地点之一,这种全新燃料有时被称为“金氢”。“金氢”无色无味,燃烧时除了水之外什么也不会产生,比化石能源更加清洁环保。然而,目前人们还必须通过排放密集型工艺来制造这种气体。但在阿曼山区以及世界上其他具有类似地质构造的地方,氢气是在地下自然产生的,而且潜在储量巨大。

支持使用“金氢”的人们表示,这种能源的广泛使用将极大加速实现净零排放。这也是为何研究人员和初创公司正在广泛地寻找这种能源。

然而,仍有许多问题悬而未决。比如,地球上的氢气储量究竟有多少?它们勘探的难度有多大?这些目前尚无定论。阿拉利还是地质能源公司伊甸地质能源的联合创始人,他想做一个更加雄心勃勃的试验:尝试通过刺激岩层来增加氢气的产量。

氢动力经济的梦想已经存在了几十年。这个梦想一旦实现,将意味着世界上的卡车、轮船、飞机和重工业都将使用清洁能源,而不是污染环境的化石燃料。不过问题是,我们必须自己制造氢气,这需要耗费能源,还会产生污染。目前,全球每年使用的1亿吨氢气几乎都是通过天然气与水蒸气反应制取的,而这一过程会释放出大量二氧化碳。尽管也有一些更清洁的制氢方法,包括利用可再生能源从水中制取“绿色氢气”,但这些方法目前在行业中只占很小份额。

地质氢现身 地下储量或达万亿吨

曾经,氢气被认为无法像石油天然气那样在地层中大量积蓄。但新修订的模型却显示,地球岩层中可能蕴藏着万亿吨天然氢气——只要能获取其中的一小部分,就足以满足人类几个世纪的氢气需求。

无论如何,合成氢只可能是氢能供应的一小部分,天然氢气或许才是真正的大规模使用的氢能来源。

尽管氢是宇宙中含量最多的元素,大多数研究人员却认为,地球上以气态形式存在的氢十分稀少——寻找化石燃料的勘探人员有时会在油井中发现氢气,海洋探险家也会看到氢气从海底喷口汩汩流出,但这些发现都被视为特例。大家都认为,氢气过于活跃,无法像石油天然气那样在地层中大量积蓄,因此过去十多年,大多数人对天然氢气不抱有任何期待,也没有人积极寻找天然氢源。

然而,这一认知在2012年受到了挑战。人们在马里共和国的布拉克布古镇附近发现了一口储有大量氢气的井。井中的氢气是自然产生的,这意味着获取氢气的唯一能耗只在于将它们收集起来。

这种氢气被赋予多种名称:白氢、天然氢和金氢,但最正规的名称是地质氢。自此之后,人们开始了对地质氢的大规模勘探,并在法国、西班牙和澳大利亚发现了地质氢的重要潜在地下储量。如今,全球各地均发现了这种氢源的蛛丝马迹。对此,国际顶尖学术期刊《科学》杂志将“寻找天然氢源的热潮”列为2023年度的“十大科学突破”之一。

在美国,有好几家公司正在进行钻井勘探,其中包括一家低调的初创公司科罗马。这家公司得到了由比尔·盖茨创立的风险投资公司提供的近1亿美元的支持。“很多人满世界在找天然氢。”法国一名独立顾问埃里克·戈谢尔离开了一家大型石油天然气公司,转而研究天然氢气,“总有人有朝一日会找到量大且经济的氢气,我对此深信不疑。”

2022年,美国地质勘探局的研究人员根据对氢气形成过程的了解,修订了他们对地下氢气储量的估算模型。该模型显示,地球岩层中可能蕴藏着万亿吨天然氢气,这远远超出人们之前的预测



——只要能开发其中的1%,就足以满足人类几个世纪的氢气需求。

不过,也有不少人认为,地球上真正含有多少氢气,以及有多少氢气可以开采出来,这些都还是未知数,地质氢是如何产生的也不清楚。研究人员认为,至少有一部分氢气是在地球形成过程中,从地幔逐渐渗入地壳的;另一部分氢气则可能是放射性岩石将水分解成氧气和氢气而产生的;还有可能是蛇纹石化过程,即地下水与岩石中如橄榄石之类富含铁的矿物发生反应,生成氧化铁和氢气。

金氢猎人

蛛丝马迹中发现天然氢藏

地质氢已从一个边缘新兴事物变成了受人关注的焦点,大多数“金氢猎人”将蛇纹石化过程作为探寻天然氢藏的突破口,也有人开始利用机器学习识别卫星遥感图像中的“仙女圈”,有人甚至尝试刺激地壳岩层。

埃文·麦金泰尔供职于海特拉,这是澳大利亚一家专注于地质氢的公司。他表示,尽管有不少人仍对“金氢热”持谨慎态度,但地质氢确实已经从一个边缘新兴事物变成了受人关注的焦点——哪怕地质氢只能满足人类日益增长的氢气需求中的两三成,也会省下大量原本用于制造绿色氢气的清洁能源,“如果地表下能持续产生氢气,它甚至可能成为一种可再生能源。”

大多数“金氢猎人”把蛇纹石化过程作为突破口。天然氢能源公司的创始人维亚切斯拉夫·兹贡尼克分享了一种看法:富含铁岩石区域可能会产生大量氢气。他的公司在美国内布拉斯加州钻了一口井来寻找氢气,经验老到的勘探者试图发掘覆盖着不透水层的富含铁岩石区域,认为“金氢”这种珍贵的燃料可能会被密封在地下并蓄积起来。

美国氢能源初创公司科罗马和澳大利亚投资公司海特拉也在用同样的方式在美国中西部寻找“金氢”。戈谢尔表示,在横跨法国和西班牙的比利牛斯山脉,人们同样发现了可能含有数千万吨氢气的矿藏,“这也许是由于异常接近地表的、富含铁的地质构造所致”。

在阿曼,由于该地区独特的构造历史,这种富含铁的地质构造更为多见。就在不到1亿年前,阿拉伯海的地壳板块与陆地板块发生了碰撞。通常来说,此类事件会导致地壳被迫下沉到地幔中,但在这里,地壳被向上挤压,这一过程被称为“冲冲”。这一地质过程导致了哈杰尔山脉的形成,也使这一区域成为地球上最大的地幔岩石裸露区——主要由富含铁的橄榄岩组成。在一个遍布这种绿白相间的巨大岩石的山谷里,一条小溪流淌在岩石上,而这些岩石就曾位于地幔和地壳的交界处。

还有另一种方法来寻找适合开采氢气的区域。去年12月,在美国地球物理联盟会议上,有一场会议专门讨论了如何利用机器学习识别卫星图像中的裸土环(有时被称为“仙女圈”)。美国俄亥俄州立大学的约阿希姆·莫尔特加特参与了这项工作。他表示,已经在50多个这样的圆环形土壤中测到了氢气,但氢气与这些神秘地形之间的关系尚不清楚。

这一发现令人兴奋。不过,地质氢作为一种燃料仍有不足之处,尤其是在长距离运输方面。首先,它具有易爆性。其次,由于氢气体积较大,需要将其压缩或转化为其他化学物质(如液氢)后才能方便运输。这就可能需要建造新的管道,将其从偏远地区输送到港口或城市。

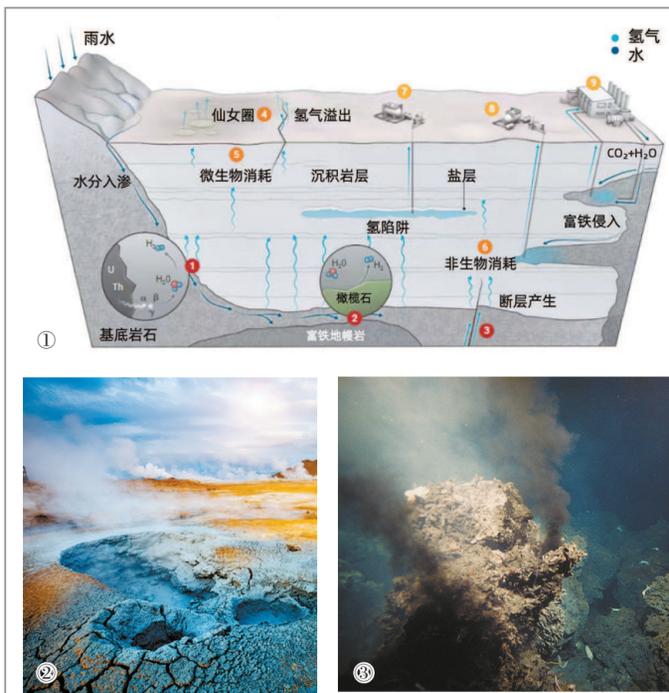
如果人们不是依赖开采自然界偶然蕴积形成的天然氢藏,而是在更方便运输或靠近消耗氢气的地区,通过刺激地壳可产生天然氢,那将有助于规避地质氢的这些缺陷。

这是许多研究人员和公司目前正在努力的方向。美国能源部准备为这项工作投入2000万美元,他们的想法是探索加速蛇纹石化过程的方法,从而从地下产生氢气,这样可极大地扩展氢藏资源的可利用区域。哈杰尔山脉有富含铁的橄榄岩,而且有明确证据表明氢气正在从地下冒出,因此是对这一想法进行实验的理想地点。

刺激氢井 大胆探路“地下氢工厂”

计划于今年开钻的世界第一口刺激氢井,将通过注水、加热岩石的方法,尝试将岩层的氢气生产效率提高一万倍,达到商业可行。但这一过程包含大量消耗水资源、引发小地震、改变嗜氢微生物群落等风险。

2023年11月,美国能源部和阿曼政府共同举办研讨会,计划于今年在哈杰尔山脉开钻世界上第一口刺激氢井。阿拉利在协调这项工作中发挥了核心作用,目前他已确定了4个可能的钻井地点。他这次驱车所到达的山谷,就有几个冒着氢气的水池被一层类似冰的东西覆盖着,这实际上是橄榄岩中浸出的钙和空气中的二氧化碳反应形成的粉状矿物膜。



阿拉利透露,美国能源部资助的这一试验项目将至少打出一个深度在400至600米之间的钻孔。通过这个钻孔,研究小组将测算地层产氢的速度,然后尝试不同的方法来刺激其产氢反应,包括注水和加热岩石。

美国科罗拉多大学博尔德分校的亚历克斯·坦普尔顿是该项目的首席研究员。她表示,该项目的目标是将氢气生产效率提高一万倍,即达到商业上可行的程度。有外部研究表明,这一目标是可行的,但不能保证一定成功。美国得克萨斯大学奥斯汀分校的托蒂·拉森表示:“这需要一些巧妙的化学反应才能成功。”因此,添加化学催化剂是刺激地层产氢的另一种选择,但此次研究人员尚未计划对其进行测试。

为了达到这一目标,研究小组将尝试一种新策略来打破地壳深处的岩石,以增加注入水的表面积。这一项目由美国伊甸地质能源公司开发,其地下工程主管保罗·科尔介绍,在埋入地下的电极之间输送高压电流,可加热岩石中的微小孔隙,使其膨胀,形成“蜘蛛网状”闪电形的地下岩石裂隙”。

不过,该项目也遇到了一些阻碍,因为岩石中的孔隙可能会被堵塞,从而导致氢气无法溢出。此外,输送进岩石层

所需的能量可能会高到难以想象。

另外,坦普尔顿说,阿曼的岩石中生活着以氢为食的细菌群落。没有人知道当氢气产量增加时,这些菌群会有什么反应,“它们的数量可能会激增,形成微生物群落,在氢气作为燃料被收集之前,就吞噬掉其中的大部分”。对于在较热、较深的油井中进行的钻探项目来说,这可能不是问题,但在阿曼,“岩石是有生命的”。

此外,该方法还存在一些环境风险。例如,目前还不清楚该项目需要多少水资源。尽管阿拉利说计划使用非饮用水、废水或地下水进行测试,但在阿曼这样的干旱地区,使用大量水资源会引发当地社会关注。来自美国科罗拉多矿业学院的外部研究人员张孟利还提醒,必须警惕注水引发小规模地震的风险。

如果一切顺利,阿曼这个以产出石油和天然气闻名的国家,将可能在地质氢领域处于领先地位,从而使其成为绿色能源大国,这种影响将超越其国界。“这将极大推动世界淘汰化石燃料供能的进程。”美国能源部该计划负责人道格·威克斯说,现在有很多非常聪明的人在从事这项工作,关于如何从地下获取氢气,他期待听到一些大胆的,甚至可能是石破天惊的想法。

氢能“彩虹”

氢气虽是无色气体,但业内人士根据其环保特性,将其分为多种“颜色”。

黑氢 这种氢气由煤燃烧释放,其工艺过程会产生大量二氧化碳,目前已不再常见。

灰氢 这种方法以天然气为原料,通过燃烧产生氢气和二氧化碳,产生大量温室气体排放。由于价格便宜,它是目前最常见的制氢方法。

蓝氢 与灰氢制法工艺相同,但二氧化碳会被捕集并封存在地下,这意味着蓝氢对全球变暖的影响较小。

绿松石氢 这是一种相对较新的制氢法。这种方法将天然气分解成氢气和固态碳,制氢过程不会产生二氧化碳排放,其成本可能比绿氢还低,但工艺技术还有待开发。

绿氢 最环保的制氢方法:利用可再生能源发电,将水电解为氧气和氢气。

金氢 也称白氢、天然氢或地质氢,是指天然存在于地下深处,可通过钻探获取,生产过程无需耗能的氢气。如果成功勘探且足量收集,金氢将成为一种极富开采价值的清洁能源。

世界各国氢能战略

中国

2022年发布《氢能产业发展中长期规划(2021—2035年)》,明确到2025年可再生能源制氢量达到每年10万吨至20万吨,到2035年形成氢能多元应用生态,可再生能源制氢在终端能源消费中的比例明显提升。

美国

2023年发布《美国国家清洁能源战略和路线图》,目标是到2030年将氢能年产量提升至10万吨,到2040年、2050年分别增至200万吨和500万吨。去年10月宣布建立7个区域清洁能源中心,以加速低成本清洁能源市场的发展。

欧盟

2020年推出《气候中性的欧洲氢能战略》,推动可再生能源制氢和氢能的多元化应用;2023年发布“欧洲氢能银行计划”,预计投资30亿欧元在欧盟建立“未来氢能市场”,以期到2030年可再生氢能年产能达到1000万吨。

日本

2017年底发布《氢能基本战略》,2022年宣布《绿色增长计划》,提出到2030年实现氢能产量300万吨的目标。

韩国

2021年发布首个《氢能经济发展基本规划》,提出到2050年韩国氢能将占最终能源消耗的33%、发电量的23.8%,成为超过石油的最大能源。



土耳其Chimaera山上的甲烷和氢气泄漏已经燃烧了几个世纪。图片来源:Science

本可能比绿氢还低,但工艺技术还有待开发。

延伸阅读

认识天然氢

大气中的氢含量极低,约为百万分之0.5。而在海底或大陆喷气孔、温泉口、“仙女圈”(天然氢逸出造成植被难以生长的圆形洼地,可以在航空或卫星照片中观察到)或地质构造裂缝处,已发现天然氢含量较高,而且在从几米到1千米不等的地下水、石油和天然气钻孔中也发现天然氢,由此可认为地下赋存大量天然氢。

从理论上讲,天然氢是一种天然的可再生能源,所含能量是石油的3倍,可以通过化学反应在地下不断自然产生。这意味着它能够源源不断地被开采。

天然氢开采和生产一旦实现商业化,不仅可代替基于化石燃料生产的灰氢,甚至会让基于可再生能源电解水生产的绿氢黯然失色。业界普遍认为,这种最干净且相对具有成本效益的可再生氢,有望重塑能源格局并掀起新一轮绿色革命。

天然氢分布广泛,在裂谷、弧后盆地、克拉通盆地、含铁矿化带和矿床内、洋中脊和造山带都能检测到天然氢。如今,世界各地都发现了天然氢藏,包括美国、俄罗斯、澳大利亚、阿曼、马里等。

去年年底在法国东北部洛林矿盆地发现了目前全球最大的天然氢矿床,含氢量在600万吨到2.5亿吨之间,其氢气浓度在探测深度达到1250米时增加到20%。据计算,探测深度达到3000米时,氢气浓度可能增加到98%。

目前,马里是世界上唯一正在开采天然氢的国家,开采位于首都巴马科西北约60公里处,1987年在钻井取水时偶然发现。据悉,这口井已喷涌了12年氢气,为附近村庄提供无碳电力。

①天然氢产生的地质构造示意图
②③在海底或大陆喷气孔、温泉口、“仙女圈”或地质构造裂缝处,均已发现天然氢含量较高。

图片来源:编译自Science
本版图片除注明外均视觉中国