

作为碳氢化合物,化石能源燃烧时会排放出大量二氧化碳,如果这些二氧化碳不及时消除转化,滞留在大气中,就会加剧全球气候变暖,导致冰川融化、海平面上升、局部地区气候异常等灾害发生。

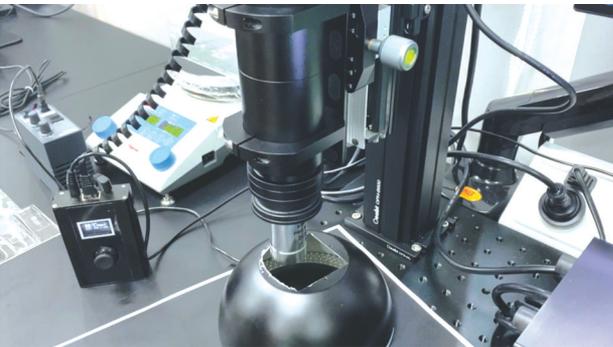
但当下,钢铁、水泥、化肥等工业生产,以及飞机、车辆、轮船等运输工具暂时还不能完全离开化石能源。因此,从空气中清除二氧化碳的“碳汇”相关研究已成为全球关注焦点。植树造林,借助植物的光合作用,将大气中的二氧化碳“固定”在植被或土壤中,是我们最常能想到的“碳汇”。但在提倡“科技创新”“科技成果落地转化”的当下,有没有更新颖的“碳汇”方式出现呢?

日前,在四川天府永兴实验室碳汇与地质固碳研究部(以下简称“碳汇与地质固碳研究部”),华西都市报、封面新闻记者看到了二氧化碳的另一些好去处——据成都理工大学研究员、天府永兴实验室地热勘探开发与综合利用研究中心副主任王晓光介绍,他们研究部的主要工作“地质固碳”与“二氧化碳的再利用”,都是想办法将地下化石能源产生的二氧化碳送回地下,留在地下,与大气隔绝开来。

避免加剧全球气候变暖 如何把二氧化碳封入地下?



天府永兴实验室内景。



做岩石孔隙相关研究的设备。



天府永兴实验室。图据天府永兴实验室官网

地质固碳 让二氧化碳重返地下

“地质固碳”顾名思义就是将二氧化碳注入地下封存起来,但难以捕捉的气体如何“埋进”地下呢?王晓光解释:“把二氧化碳注入地质体,它就会被封存在岩石的孔隙里。”这种“碳封存”的机制有四种“等级”,随着机制的不断升级,二氧化碳在地下待得也就越“安分”。

最基本的是构造封存,即以岩石作为屏障,将二氧化碳气体“圈”在其中;第二种是让二氧化碳溶入岩石里的水中;第三种是促使二氧化碳依靠毛细管力滞留于岩石孔隙中;最终,最理想的是让二氧化碳和岩石、水发生化学反应,产生一种稳定的矿物化固体。

那么,这种“送二氧化碳回老家”的研究进展到了哪一步?在自贡,已启动了全国首个盐腔碳封存示范项目,正是由王晓光的团队负责。

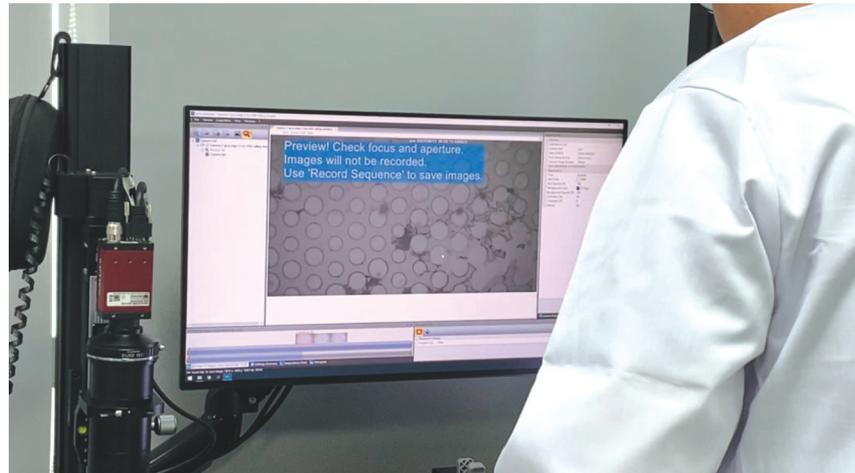
在项目中,他们将盐矿开发后的带水空腔重新利用起来,把处于超临界状态及气态的二氧化碳封存其中,部分气态的二氧化碳也会溶解在空腔的水里,“这个项目中的二氧化碳封存方式处在‘存’的阶段,封存的机理为‘圈闭固碳’,让游离的碳封存在盐穴里。因为物理上空间受限,碳不会落到别处。”

不过王晓光也坦言:“对于二氧化碳地质封存相关研究,当前推进的阻力还是比较大的。”因为目前这类技术在我国还未能产生稳定的经济效益,“我们要参与到更多的碳金融、碳交易、碳汇政策的制定和推进进程中,才有可能把‘地质固碳’这样一个基本上可以说是从无到有的产业做起来。”

“下地打工” 二氧化碳助力能源高效开采

碳汇与地质固碳研究部进行的“二氧化碳的再利用”相关研究,则是推动二氧化碳参与到页岩气、地热等能源的开发,因为科学家发现它比这类工业生产中常用的开采介质更具优势。

例如,在页岩气的传统开采中,往往会用降压法将甲烷从岩石中释放出来,当用二氧化碳替代其中的甲烷时,这一过程会变得更加高效,“二氧化碳分子和甲烷分子在同一个页岩的孔隙里面时,二氧化碳分子有一个‘竞争吸附’的机制,它会优先吸附到孔隙的壁面上,那么



研究人员在实验室做岩石孔隙相关研究。

本来附着在孔隙壁面上的甲烷就会被替代下来,成了自由态的天然气,就会更容易被开采出来。”王晓光解释道。

在开采地热时,二氧化碳的表现也更好,“在地热储层里,二氧化碳会处于超临界状态,即介于气态和液态之间。此时,它比水更容易在岩石里流动,也能进入岩石更多更微小的孔隙。这意味着在相同孔隙环境下,二氧化碳采集速率会比水这样的介质更高。”

二氧化碳在地下勤勤恳恳地“干活”,也就不会进入大气,还能提高能源开采效率,何乐而不为呢?

因此,相比于单纯的“地质固碳”,利用二氧化碳助力油气采收的技术已相对成熟,实现了工业应用,例如王晓光团队已与胜利油田合作,用二氧化碳提高油气采收率。

王晓光表示,在这一技术领域,目前要推进的就是从系统层面做相关技术优化,“单井,即在单独一个元素模块里,二氧化碳的作用过程已经比较清楚了,但在油田这一复杂系统里,如何形成整体的高采收率,是一个有待优化的系统问题。”

而很具潜力的二氧化碳地热开采设想尚存未攻克的技术难点,用王晓光的话来说就是“上天容易,入地难。”因为目前在二氧化碳流入地下时,没有太多相关感知手段,也无法实现二氧化碳流向的精准控制,导致不能准确“捕捉”携带而出的二氧化碳。

但随着地质工程科学的整体发展,二氧化碳采集地热的技术难点总有一天会迎刃而解,“不只是我们地质固碳、地热开发,包括石油开采等地质工程科学的核心研究之一,都是要用各种数据去

了解地下的地质体,确定各种气体、液体在其中流动的通道和空间。因为这样才能更有效,更加低成本、低风险地把能源和资源开采出来。”

科技创新 中低温地热发电成为可能

“这在我们的研究领域很重要。”提到科技创新,王晓光说,当前社会正经历从石油天然气能源到新型能源的重大转型,未来人类所用的能源相对于现在一定会有系统而彻底的变化。想要在能源转型探索中走在前列,必定需要持续、大量地科技创新。采访中记者了解到,王晓光团队的一个个项目能够推进,科技创新功不可没。

王晓光团队和胜利油田合作利用二氧化碳提高油气采收率的项目,就是一个说明科技创新重要性的例子。该项目进行时,由于油田地质条件复杂,往地下注二氧化碳时会改变“地应力”,即地壳内单位面积上的力,进而可能引发地层变形,切断传输油气的通道,让生产井无法稳定生产。在经历了这样的问题后,王晓光认为在后续的相关实施方案里,就需做出一些创新,考虑“注入二氧化碳地应力变化”这样的新因素,才能让二氧化碳在实际作业中助力油气生产。

另一个案例则是中低温地热发电的创新突破。地热的开发利用也是“碳汇与地质固碳研究部”重要的研究领域,虽然目前尚无法用到二氧化碳采集地热的这样一举两得的方法,但对地热发电机的创新,让他们实现了中低温地热发电。

王晓光解释,传统的地热发电是将地热产生的水蒸气先转换为机械能,再在电磁的作用下发电。但水的沸点通常是摄氏100度,要让它顺利到达地表并实现能量转换,就需要“地下”具有足够的能量,提供高温高压环境,地热温度要高达两三百摄氏度。但开采完毕的油气田,能量枯竭,地热只有百来摄氏度,往往不能制造足以转换为电能的水蒸气。

于是,为了实现中低温发电,王晓光团队从另一角度思考,创新提出了用沸点比较低的工质代替水这一解决路径,“一些有机工质,沸点只有三四十摄氏度。这种情况下,我们用仅有不到100摄氏度的地热去加热它们,它也能完成沸腾并实现机械能、电能的转化。”

多学科交叉 技术转化更顺畅

“我们四川省有个地热产业的2+X规划,其中‘2’中的一个就是我们遂宁的中低温地热发电项目。这个项目已经达到了示范效应,但如何从示范项目推动至成果转化、产业落地,需要更加系统的方案。”

谈到未来计划,王晓光表示,团队的重要前进方向之一,是进一步优化现在的中低温地热发电样机,在提升热能效率的同时,降低它的成本,多方考虑后,保证其在大规模投产时具有竞争力。

不过,王晓光也表示,这一进程的推动工作不是他们团队现有的技术知识储备能够完成的。“这是个很系统的工程。”他解释,因此目前团队不仅需要引进更多人才、组建多学科团队,还需要和其他科研机构乃至企业进行合作,共同推进中低温地热发电技术的落地。

在这一过程中,天府永兴实验室或能提供很好的助力。据王晓光介绍,天府永兴实验室作为全国第一个系统性的、聚焦绿色低碳领域关键核心技术的实验室,这里汇聚了各相关领域的专家人才,是一个很好的多学科交叉平台。

此外,王晓光还表示,实验室已成立了成果转化部,这个部门不仅会为具有落地潜力的技术项目提供经费,还会辅助科研人员引入或成立公司,灵活招聘研发人员,“通过公司化运营,有些实实在在的技术,就更容易跟市场、工业界找到很好的对接点。”

华西都市报-封面新闻记者 谭羽清 闫雯雯 摄影报道