



□2021年10月25日 □每周一出版

□责任编辑:程强 □电话:59963258 □邮箱:chengq@sinopec.com
□审校:张春燕 □版式设计:冯丹

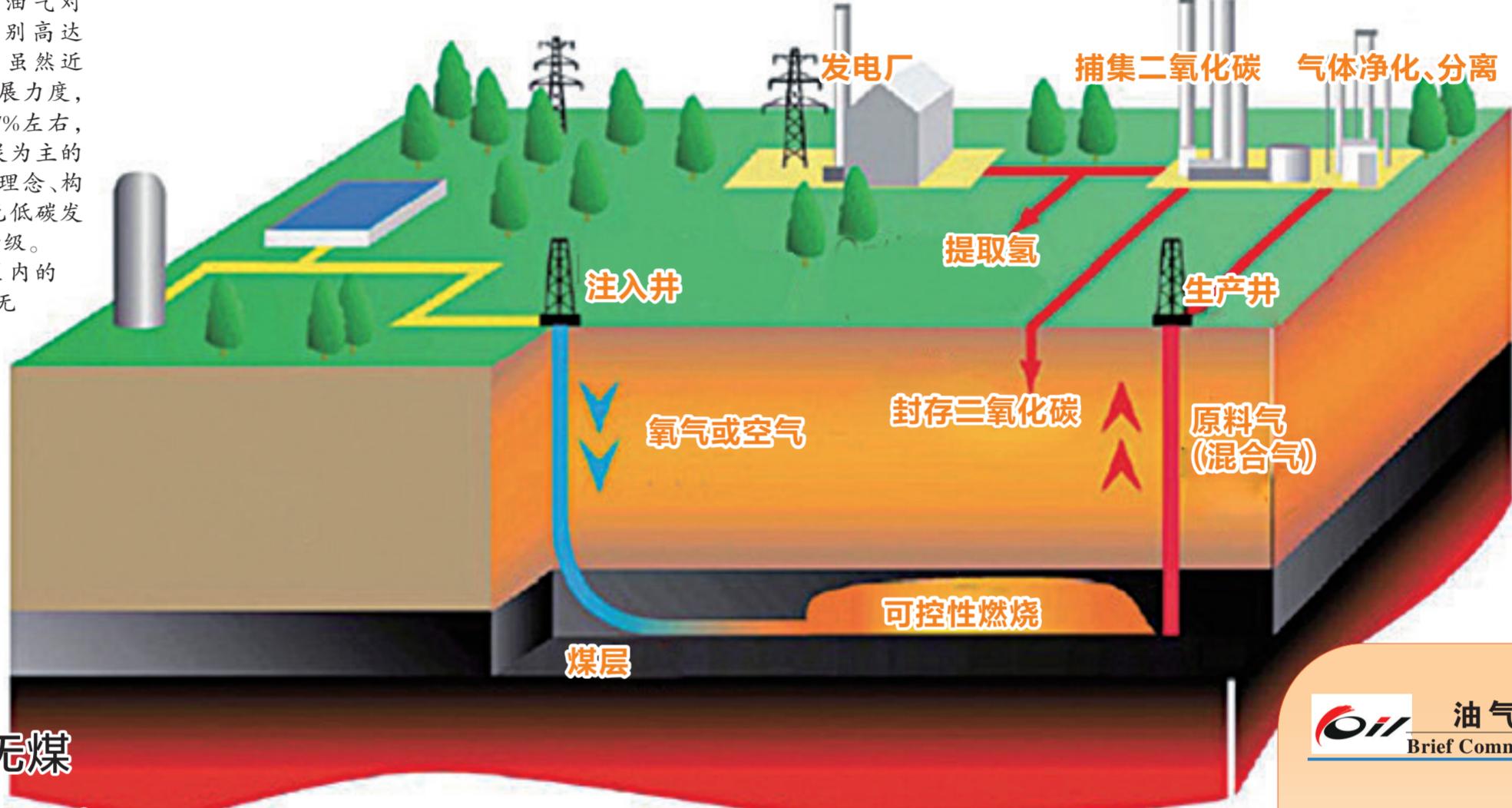
确保“十四五”开好局 以优异成绩庆祝建党100周年

煤炭原位转化(ISC)技术: 清洁利用“煤”好前景

核心阅读

我国能源禀赋是“富煤、缺油、少气”，2020年油气对外依存度分别高达73%和43%。虽然近年来我国持续加大新能源发展力度，但目前煤炭消费占比仍在57%左右，短期内，我国能源结构以煤炭为主的特点难以改变。贯彻新发展理念、构建新发展格局，必须按照绿色低碳发展方向，推进煤炭消费转型升级。

华北石油局聚焦矿权区内的煤炭资源，尤其是常规技术无法效益开采的劣质煤和埋深超过1000米的深层煤资源，计划通过合作研发攻关应用革命性新技术——煤炭原位转化(In-Situ Coal Conversion，简称ISC)技术，实现煤炭高效洁净利用，大幅增加天然气产能。



井下无人 地面无煤

华北石油局瞄准新技术抢占制高点

本报讯 记者马献珍 通讯员付绪凯报道：以勘探开发油气资源为主的华北石油局，如今将目光聚焦在矿权区内的煤炭资源上。他们期望，通过合作攻关研发应用革命性新技术——煤炭原位转化(ISC)技术，实现煤炭高效洁净利用，大幅增加天然气产能。

煤炭原位转化技术是将地下煤炭进行原位可控性燃烧，生成甲烷(天然气的主要成分)、氢气、一氧化碳、二氧化碳等气体，也称煤炭地下气化。该技术主要针对的是劣质煤及深层煤，与传统煤矿开采不冲突，且产生的合成气从生产井中产出，灰渣、岩石等固体废料则留在地下，变在地下采固体煤为地面采煤气，合成气在地面分离并分别利用或回收，实现二氧化碳零排放。

“ISC技术摒弃了庞大笨重的采煤设备和地面气化设备，实现‘井下无人、地面无煤’，变传统的物理采煤为化学采煤，有效提高了煤炭资源的利用率。”集团公司高级专家史云清说，“它是煤炭采掘技术的一场革命。”

事实上，煤炭地下气化的构想早在1868年就被德国科学家提出，但迄今全世界还没有真正持续运行的商业ISC项目。国内，中为能能源公司研发出第四代ISC技术，2019年首次在内蒙古自治区鄂尔多斯唐家会矿区实施了ISC技术工业化示范项目，取得重大成功，初步具备大规模推广的条件。该项目水平段气化通道1000多米，日产混合煤气21.2万立方米，混合气中有效气分别为氢气(19%)、一氧化碳(14%)、甲烷(18.4%)。

“我国煤炭资源丰富，ISC可开发利用传统机械开采方法难以利用的劣质资源，通过ISC生产的煤气，可用于合成燃料和人工天然气，大幅提升能源保障能力。”史云清说。

“华北石油局矿权区内煤炭资源量为6500亿吨，据大致测算，应用煤炭原位转化技术可产生有效气320万亿立方米。”华北石油局总地质师何发岐说。

2020年以来，华北石油局在东胜气田筛选出14个煤炭富集试验区，首选资源相对落实的两个井区为ISC开发目标区，面积15.3平方千米，煤炭资源量1.31亿吨。据中国矿业大学研究，气化炉平均每日燃烧煤炭100吨。方案试验设计单气化炉可气化煤炭资源量29.58万吨，可生产运行8.1年，平均日产合成气15万立

方米，整个气化周期累计可生产合成气量4.44亿立方米，预测经济效益可观。

“ISC原理并不复杂，但建立连续、稳定、可控的地下气化工作系统的难度较大，技术的稳定性和可靠性仍存在风险。”史云清说，ISC是跨专业、跨学科的系统工程，为实现“从0到1的飞跃”，尽早尽快实现商业开发，华北石油局拟成立ISC研发中心，汇聚地质、工程、煤化工、安全环保、经济评价等多方面人才，并与国内实力较强的能源公司合作，共同推进此项工程。

“我们针对鄂尔多斯盆地1000米以深的煤层，应用ISC技术可建成年产1000亿立方米天然气产能，可采时间预测长达1000年。”何发岐说。

油气短论

把工厂搬到地下

□星弓

煤炭地下原位改质，核心是用可控燃烧把物理采煤变为化学采煤。其原理虽简单，但从德国科学家威廉·西门子1868年提出这一概念至今已有150多年，全球试验多点开花，可工业生产鲜有成功。现在，中国最新煤炭地下原位改质技术，有望使这一百年夙愿得以实现。

据匡算，中国埋深1000~3000米的可气化煤炭折合天然气资源量272万亿~332万亿立方米，是常规天然气资源量的3倍，与非常规天然气的资源量相当。而煤炭地下气化的能量密度、产气速度和效率远高于目前的非常规气。基于此，中国科学院院士邹才能认为，煤炭原位改质对于中国能源工业的意义，甚至大于页岩革命对于美国能源工业的意义。

煤炭原位改质，相当于把地面煤气化装置搬到了地下。而被寄予厚望的页岩油原位改质，也相当于把炼厂搬到了地下。其原理是，通过加热地层到330摄氏度以上，使原地的干酪根或带留油发生裂解及加氢反应，从而获得轻质原油。据评价，我国中低成熟度页岩油技术可采资源量在700亿~900亿吨。因此，页岩油地下原位改质技术一旦取得突破，将大幅提高我国原油产量。

把工厂搬到地下，就把清洁留在了地面。把工厂搬到地下，就把低品位资源升级成了高品位资源。

把工厂搬到地下，需要思维无尽发散，法无禁止皆可为，学无禁区皆可往。当然，把工厂搬到地下并不容易，需要科研人员多学科、多专业联合，共同破解难题，形成关键技术，助推能源革命。

链接1

何为煤炭原位转化

ISC技术是将地下煤炭进行原位可控性燃烧，通过煤的热作用与化学反应，产生甲烷(天然气的主要成分)、氢气、一氧化碳等可燃气体的一项采煤革新技术。ISC变传统物理采煤为化学采煤，是集建井、采煤、气化三大工艺于一体的煤炭清洁开发利用技术，对保障国家能源安全具有重要战略意义。

ISC技术是煤炭高效洁净利用的核心技术之一，大力开展ISC技术可有效降低煤化工的成本。ISC是采煤与气化工艺的结合，将地下原位煤层当作一个封闭的气化炉，对煤层进行有控制的燃烧气化。与传统煤气化工艺相似，气化剂一般为氧气(空气)与水，通过注入井注入地下通道或洞穴，与煤层就地反应，因此也称煤炭地下气化。

中为能源总裁汪原理介绍，ISC主要开发利用高含水、高灰、高硫、低发热值劣质煤及埋深1000米以深的煤炭资源，与传统煤矿开采没有冲突；所生成的合成气从生产井中产出，灰渣、岩石等固体废料则留在地下，清洁环保；变地下采固体煤为地面采煤气，减少煤炭的生产环节，降低生产成本；可应用成熟的油气钻探技术，通过水平定向钻井，推进了ISC技术的迭代升级和项目成功实施；生产出来的合成气经过分离，分别回收利用，实现二氧化碳零排放，经济环保；合成气中氢含量达到20%以上，是清洁廉价氢的新来源。

链接2

煤炭原位转化发展历史

ISC的概念由德国科学家卡尔·威廉·西门子1868年提出。19世纪末，俄国科学家门捷列夫提出在地下煤层中进行有控制燃烧的概念，并设想了气体注入井和产出井的结构。20世纪30年代，苏联重启了由于一战而中断的煤地下气化场区试验，在1940~1961年共建成14个煤地下气化站，但这些项目多于20世纪60年代未终止。

美国的煤炭地下气化研究始于20世纪50年代，采用无井式钻孔气化法进行了一系列试验，由于密闭性问题未收到预期效果。70年代石油危机后，美国投入了大量精力财力进行煤地下气化研究，共在29处场地开展试验，但于80年代末全部关停。

2011年，加拿大在阿尔伯塔省实施了深层ISC示范项目。煤层深度1400米，属世界最深，气化煤层200米，生产高热值合成气，其中甲烷含量高达37%，验证了深部煤层高压气化的技术可行性。该项目生产166天后，遇到气化通道堵塞、管柱腐蚀破裂等问题而停运。

2019年，中为能源公司研发出第四代ISC技术，首次在内蒙古自治区鄂尔多斯唐家会矿区实施了ISC技术工业化示范项目，主要采用高温、高压、纯氧气化、可控的地下多次点火等技术，保持连续稳定生产，提高了ISC项目合成气生产的稳定性和经济性，取得重大成功，初步具备大规模推广的条件。该项目日产混合煤气21.2万立方米，其中氢气占19%、甲烷占18.4%。

工业生产要求有持续稳定的產品气产出，但从以往各处煤炭地下气化场区试验的报告来看，普遍存在“三个不稳定”，即产气量不稳定、可燃组分不稳定、热值不稳定。

链接3

煤炭原位转化产业链

除可提取纯氢、甲烷外，ISC煤气可用于合成众多化工产品。

合成氨是一项成熟的煤气化及化工合成联产项目。ISC可提供合成氨原料气，大幅降低产品成本。

合成二甲醚，在制药、燃料、农药等化学工业中有许多独特用途。

以气体原料合成油技术已在多个国家进行了工业化生产，合成工艺包括直接合成及通过甲醇间接合成。

ISC煤气可用于整体煤气化燃气与蒸汽联合循环发电。

ISC热能，可用于工业热水、生活热水及稠油加热等方面。

ISC为氢能利用提供了新途径。欧洲煤炭原位转化项目在波兰南部用ISC提取氢，2010年已用于燃料电池发电。

ISC与CCUS(碳捕集、利用与封存)结合，可提高凝析油及致密气藏采收率，还可封存于开发枯竭期的油气储层或煤层中，实现深层煤、油、气一体化利用。

链接4

煤炭原位转化前景可观

据第三次全国煤炭资源评价，埋深1000~2000米的煤炭资源量有2.86万亿吨，ISC潜力巨大。

油气勘探开发工程技术与煤炭原位转化技术结合、集成、发展，为深层煤的地下气化及开发利用提供了技术基础。在鄂尔多斯盆地，埋深1000~2000米的深层资源，既是煤层气开发的主要目的层段，又是最适合原位转化的煤层深度段。其合理开发利用可分为三个阶段：煤层气开发阶段、煤炭地下气化综合利用阶段、煤穴碳存储阶段。通过相互衔接，单一煤炭区块可形成30~50年的开发利用周期，产出天然气、液氢、电力、地热及碳排放指标等多种产品。

业界视点

链接5 需攻关的技术难题

针对ISC生产气中的二氧化碳，可开展二氧化碳驱油、二氧化碳压裂等技术攻关，提高采收率，封存部分二氧化碳；根据甲烷化反应原理，回注二氧化碳至反应炉，在一定温度和催化剂作用下，与氢气发生反应，生成甲烷和水蒸气；攻关二氧化碳加氢生产甲醇、烯烃等化工技术；分离提纯二氧化碳，开发在工业、食品等行业的用途。