

瞰前沿

9月10日,国务院新闻办举行“高质量完成‘十四五’规划”系列主题新闻发布会。“十四五”期间,我国油气与铀矿实现重大找矿突破,探获两个特大型铀矿,夯实5个大型铀矿基地资源基础,为我国铀矿资源安全奠定了重要基础。

近期,位于内蒙古自治区鄂尔多斯市的中核集团“国铀一号”示范工程生产出“第一桶铀”,标志着我国铀资源开发迈入绿色安全、智能高效的新阶段。铀资源为何重要?如何唤醒“沉睡”的铀矿?科研人员在此过程中攻克了哪些科技难关?本期“瞰前沿”揭秘铀矿采冶背后的“黑科技”。

编者

天然铀,是从铀矿石中直接提取的混合物,是重要的战略资源和能源矿产。铀资源被誉为核电“粮仓”,铀矿采冶位于核燃料循环体系的前端,是核工业发展的基础。掌握先进的铀矿采冶技术,建设绿色、智能、高效的千吨级铀矿,对保障国家能源安全具有重要意义。

进入新世纪,我国铀资源勘查重心由南方硬岩转向北方砂岩,在北方盆地陆续发现和落实了一批超大型、特大型和大型铀矿床。其中,鄂尔多斯盆地已成为我国铀资源最丰富的基地。但是,矿体地质与水文地质条件差,矿石性质复杂,矿层与煤层叠置等特点,使得采冶难度极大。

经过数十年科技攻关,我国自主研发了“国铀一号”成套采冶技术,建成了国内首座单吨千吨级铀矿大基地,盘活了国内数十万吨铀资源,让“呆矿”变“宝藏”,实现了国内铀资源开发的突破性进展。

唤醒“沉睡”的铀矿,挑战极大

传统的采冶方法是在露天工作面或地下巷道施工,打开含铀矿层,从地下采出铀矿石运至地表,经破碎处理、化学浸出实现铀的提取。这种方法安全性和生产效率低,尤其不适用于疏松含水体的砂岩型铀矿。

“国铀一号”采用了原地浸出采冶工艺:在地表施工钻孔,向地下注入化学试剂,沿矿石孔隙渗透使铀溶解,再将含铀溶液提升至地表,经水冶处理得到铀产品。面对鄂尔多斯盆地复杂砂岩铀矿,要想建立这一颠覆性的铀矿采冶模式,挑战前所未有。

如何高效地溶解铀?铀矿石具有高钙、高铁的特点,采用常规高酸、高碱浸出时,极易发生硫酸钙、氢氧化铁等化学沉淀反应,将矿石孔隙堵塞,不仅化学试剂无法与矿石接触,还会污染地下水。因此,寻找科学的溶浸剂配方成为关键。

如何快速精准地开采铀?铀矿含水层厚度大,矿体分散不连续,就像厚厚的蛋糕里镶嵌着很小的铀矿“坚果”,注入的化学试剂被严重稀释。此外,地层深处看不见、摸不着,想靠有限的钻孔准确开采铀矿,难度极大。

如何从溶液中高效提取铀?含铀溶液浓度极低,从溶液中回收铀犹如大海捞针。要想解决这一问题,需要处理能力大并且能够快速富集铀的水冶装备,这在当时尚属国际空白。

如何确保铀矿山稳定运行?煤矿开采排水使铀矿层水位下降,破坏了原地浸出所依赖的水力条件。此外,煤层采掘导致铀矿层底板坍塌,引发放射性核素迁移,污染煤层并造成严重的环境影响。实现铀煤协同开采,是一个世界性难题。

采冶“黑科技”,更绿色、智慧、高效

在近20项国家重点科研与工程示范项目的支持下,我国科研人员在原地浸出采冶理论方法、关键技术、装备材料等方面取得

自主研发的『国铀一号』成套采冶技术让『呆矿』变『宝藏』持续充盈

苏学斌

系统性、原创性成果,成功破解了复杂铀矿开发的世界性难题,使我国铀矿采冶迈入绿色安全、智能高效的新阶段。

更绿色——创新二氧化碳和氧气地浸采冶理论与方法。这两种人在生活中接触最多的气体,在特定的条件下对铀有较好的溶解效果。这种溶有二氧化碳和氧气的近中性水溶液,绿色、安全、环保,对环境影响小,既解决了堵塞问题,又极大提高了地浸采冶的本质安全度,还使温室气体得到了资源化利用。

更智慧——研发“数字建井”工艺。利用非均质地层建模和流场表征技术实现钻孔精准设计和施工,井网建造精度由米级提升至厘米级,打破了过去“闭着眼睛凭经验”的粗放建设模式,矿山建设周期由4年缩短至1年。创新高压水力定向切割技术,精准控制化学试剂流向,实现对铀矿物的溶解,解决了稀释问题,显著提高资源回收率,实现了铀矿“快速开采”。

更高效——研发U型饱和再吸附铀富集工艺,将铀溶液中每升几毫克的铀富集至每升近百克。自主研发的高吸附量国产化铀提取材料,在打破国外垄断的同时实现重要指标超越,我国铀矿山生产能力由单吨百吨级提升到单吨千吨级。

更科学——针对铀煤协同开采相互影响的问题,我国科研人员提出“先铀后煤,时

多、更清晰的信息。以前,只有两家外资企业实现了光子计数能谱CT的商业化,如今,国产企业联影医疗成功自主研发,并正式获得国家药品监督管理局批准上市。不久前,国产光子计数能谱CT来到复旦大学附属中山医院和上海交通大学医学院附属瑞金医院,我进入临床测试和医学研究。医生说,他们等很久了。瑞金医院放射科主任严福华感叹,我的分辨率已经达到业内领先,能更早、更清楚地发现微小病灶。尤其是心脏,心脏是CT最难拍的器官,它不停跳动,拍出来的图像很容易模糊。过去,医生看心脏片子就像小朋友抓拍照片,费劲



图①:“国铀一号”技术流程示意图。

图②:“国铀一号”大流量水冶装备。

图③:“国铀一号”智能管控中心。

以上图片均为中国铀业股份有限公司提供

保障天然铀国家重大战略需求

当前,我国核电总体规模居世界第一。未来15年,国内天然铀需求量将增长3倍,达到目前全球天然铀总产量的一半以上。开发国内铀资源先进技术并进行推广,至关重要。

去年7月,“国铀一号”示范工程开工建设,仅一年时间,“第一桶铀”就成功生产下线。该工程产能规模大、建设标准高、技术先进,进一步提升了中国天然铀保障能力、天然铀产业自主创新能力和国际竞争力。

目前,“国铀一号”先进技术正加速推广至内蒙古二连盆地、东北松辽盆地和新疆伊犁盆地等铀矿资源开发,将支撑建成新一批天然铀生产基地,实现我国天然铀产能大幅增长。随着全球核能发展的提速,未来,“国铀一号”技术还将走出国门,推广到中亚、非洲等地,为世界复杂铀矿开发贡献智慧。

(作者为中核集团“国铀一号”示范工程总设计师)



图②



图③

链接

为什么要发展核电?

核工业是高科技战略产业,是国家安全的重要基石。我国核工业自20世纪50年代起步,从无到有,从弱到强,形成了完备的核工业体系,在维护国家安全、保障能源安全等方面作出了重要贡献。

结合我国能源发展需求与实现“双碳”目标的需要,有学者预测未来我国全年电力需求会增长到16万亿千瓦时,我国需要4亿至5亿千瓦的发电装机容量作为能源补充。在各类发电技术全生命周期单位碳排放量中,核电的碳排放量最低。此外,核电还有高效、稳定等特征。

以中核集团中国核工程有限公司牵头研发的“华龙一号”为例,“华龙一号”是根据全球最新安全要求研发的百万千瓦级先

进压水堆核电技术,具有完全自主知识产权,能够持续向社会稳定输送清洁电力。“华龙一号”单台机组年发电量达100亿千瓦时,相当于每年等效减排二氧化碳800多万吨。

核安全问题是核电发展的生命线。压水堆核电站有3道安全屏障:由燃料芯块和包壳组成第一道屏障,一回路压力边界构成第二道屏障,安全壳是最后一道放射性物质的包容屏障。

数字化、智能化技术将为我国核电行业带来新机遇。目前,我国核电厂已经部署了很多智能化应用,可以全面提升核电站的安全性和经济性。未来,借助人工智能等新技术,能进一步加强对核事故的预防。

(资料来源:中核集团)

内容支持:中国科协科普部、人民网科普频道

『科』

累计封存量突破1亿立方米!日前,我国首个海上二氧化碳封存示范项目传来新进展,也意味着我国海上二氧化碳封存技术、装备和工程能力日臻成熟。

火力发电、工厂烟囱、汽车尾气释放出的二氧化碳等温室气体,导致全球气温升高、冰川逐渐融化,也让极端天气变得更加频繁。人类为此烦恼已久,但现在我们有了新办法,既不粗暴“剿灭”,也不简单“驱赶”,而是用科技的方式,让它悄悄“搬家”。这项技术名叫CCUS(二氧化碳捕集、利用与封存),从理论上说,有了CCUS,化石能源也能成为“零碳”能源。

CCUS的原理其实并不复杂,它的关键环节包括三步:先把排出的二氧化碳“捕集”,然后“利用”,最后“封存”。就像在一场突如其来的洪水中,有人建堤坝,有人疏水渠,CCUS的角色,是把多余的水引入安全的地下水库。这种二氧化碳的“隐身术”,正被越来越多的国家和地区纳入减排“工具箱”。

第一步,捕集。在火电厂、化工厂、水泥厂等排碳大户中,二氧化碳常常混在高温废气里排出。科研人员开发了各种捕集“神器”,有的采用化学吸收法,用液体吸收剂将二氧化碳从气体中“洗出”;有的依靠膜分离技术,像筛网一样将目标气体“筛出”;还有的通过低温冷凝,将二氧化碳“冻住”。不论方式如何,目标一致:在二氧化碳进入大气前,将其收入“囊”中。

第二步,利用。过去,很多人认为二氧化碳只能当废气处理,其实它完全可以变废为宝。比如,注入地下油藏,将岩石孔隙中的原油“驱赶”出来,提高原油采收率;或者转化为化肥、甲醇、合成燃料,甚至成为新型建材原料;在一些饮料厂,捕集来的二氧化碳还能用于生产碳酸饮料。从“排放之害”变为“产业之利”,转变背后不只是技术的进步,更是资源循环利用观念的升级。

第三步,封存。可以理解成给二氧化碳在地下安排一个长期“安全屋”。科研人员将它压缩成高密度流体,注入地下上千米的成水层或废弃油气藏中。这些地质构造稳定,隔热性强,像一个天然的密封罐,能够将二氧化碳封存百年甚至千年不泄漏。

全球范围内,CCUS已经从技术试验走向商业化应用加速阶段。我国虽然起步稍晚,但发展势头强劲,越来越多企业加入这场减排探索。据不完全统计,全国已有超过20个CCUS示范工程投运,覆盖了电力、石化、钢铁等多个行业,总体封存能力不断提升。今年,我国首个海上CCUS项目在珠江口盆地的恩平15—1平台投用,形成“以碳驱油、以油固碳”的海洋能源循环利用模式,未来10年将规模化回注二氧化碳超100万吨,并驱动原油增产达20万吨。

当然,CCUS的推广应用仍然面临不少挑战。比如成本问题,全流程处理一吨二氧化碳的成本目前仍高达几百元,对于大多数企业而言,这是一笔巨大的投入;又如配套设施不够完善,目前缺乏统一的碳运输管网和跨区域协同机制,企业的参与积极性也有待政策引导激励。

尽管如此,CCUS的发展前景依然广阔,尤其是在钢铁、水泥、化工等难以去碳的行业。从技术突破到政策加持,从试点示范到商业化探索,CCUS正逐步从幕后走向台前,以积极稳健的姿态为地球温室效应减压、为实现“双碳”目标兜底。在这场与时间赛跑的低碳转型中,CCUS有望发挥越来越重要的作用。

(作者为中国海油深圳分公司油藏专家,本报记者丁怡婷采访整理)

『碳捕手』帮二氧化碳悄悄搬家

谢明英

我科学家揭示南海深海冷泉系统演化规律

本报海口电(记者孙海天)近日,中国科学院深海科学与工程研究所副研究员王吉亮等联合国内多家科研机构,系统分析了南海北部琼东南深水盆地一处活跃冷泉区的甲烷渗漏系统结构特征与演化规律。该研究为天然水合物(可燃冰)的富集机制和深海冷泉活动的碳循环机理提供了全新认识,相关成果已发表于国际期刊《地球和行星科学快报》。

在细粒泥质沉积为主的深海浅地层,常发育有“泥包砂”的沉积结构,这对冷泉活动规律及天然水合物资源勘查具有重要影响,但其具体机制此前存在诸多认知空白。

研究团队在琼东南深水盆地一处活跃的甲烷渗漏区发现了一个厚度达12.5米的砂层,其中富含天然水合物。研究发现,砂层在冷泉系统中扮演了三重角色:首先,通过孔隙结构捕获伏气烟囱输送的甲烷,在高压低温条件下形成天然水合物并富集;其次,由于水合物的差异聚集导致孔隙堵塞,形成“自封盖”效应使下部气体压力持续累积;最终当超压突破上覆泥岩盖层时,触发二次水力压裂形成新的气体通道,开启新一轮气体逃逸。

研究显示热带地区植树对改善气候效果更佳

据新华社北京电 多植树有助于为地球降温,但植树的位置很重要。美国、英国等国的研究人员近日发表论文说,在热带地区植树能带来更佳的气候效益,因为那里的树木一年四季常青,能吸收更多二氧化碳,并通过蒸腾作用冷却空气。论文已发表在《自然》杂志上。

研究人员分析,树根从土壤中吸收水分,水分沿着树干运输到树叶。当树叶上的气孔打开,吸收二氧化碳进行光合作用时,部分水分会蒸发到空气中。这一过程不仅冷却了地表空气,也让树木自身降温,就像人类出汗给身体降温一样。在热带许多地区,树木几乎一直都有水源可用,从而增加了蒸腾作用。

研究人员表示,这并不是让人们砍掉高纬度地区的树,因为它们对生态系统和生物多样性有多重益处,能减少二氧化碳排放并冷却周边环境。人们需要在每个区域都找到一个“刚刚好”的植树平衡点,只有合适的树木数量才能带来更强、更积极的气候效应。

本版责编:肖遥 管璇悦 董映雷 版式设计:张丹峰 汪哲平

趣科普

光子计数能谱CT更早、更清楚发现微小病灶 一张CT片子的进化

本报记者 季觉苏

我是一张CT片子。以前的我,其实也挺厉害,但有时候医生想要“8K超清”,我只能交个“720P”的版本。面对更小、更复杂的病灶,我常常力不从心。

不过现在,我进化了,变成光子计数能谱CT拍出来的片子。我的像素只有0.2毫米,是传统CT像素面积的1/9。医生可以看见耳蜗里细微的结构,捕捉心脏跳动时的血管纹路,让微小的病灶无处可藏。我还能分辨出组织里碘、钙、水的成分,让医生像看“彩色地图”一样看身体,提供更直观精准的诊断信息。同时,我的辐射剂量比过去降低了60%—70%,有些检查甚至能降到90%。病人可以少受一点辐射,医生却能得到更

多、更清晰的信息。以前,只有两家外资企业实现了光子计数能谱CT的商业化,如今,国产企业联影医疗成功自主研发,并正式获得国家药品监督管理局批准上市。不久前,国产光子计数能谱CT来到复旦大学附属中山医院和上海交通大学医学院附属瑞金医院,我进入临床测试和医学研究。医生说,他们等很久了。瑞金医院放射科主任严福华感叹,我的分辨率已经达到业内领先,能更早、更清楚地发现微小病灶。尤其是心脏,心脏是CT最难拍的器官,它不停跳动,拍出来的图像很容易模糊。过去,医生看心脏片子就像小朋友抓拍照片,费劲

又不一定能成功。而我“捕捉”心脏跳动的瞬间,把血管、瓣膜和内部结构一一展现。你可能想问,我这么厉害,具体能用在哪?用处可不少。比如早期肺结节的识别,我能看清它边缘是不是毛糙、密度是不是不一样;判断冠脉钙化风险,我能帮医生分析钙化斑块的位置、体积和成分;在肿瘤治疗中,我还能分析肿瘤同源性,帮医生判断是复发、转移,还是良性增生……简单来说,能早发现的地方,我更早;该精细一点的地方,我更细;需要判断“到底是什么”的地方,我还能告诉医生“成分分析结果”。我到底是怎么进化的?

我的“底子”变了。传统CT,得先用闪烁体把X射线转换成可见光,再转换成电信号,无法识别每束X射线中的单个光子。而我用的是半导体探测器,每个光子的能量都能精准捕获,实现了光电直接转换。

为了让我变得更厉害,科研团队在架构和算法上做了很多技术创新,实现了全准直覆盖的超高分辨率成像,即便是心脏这样大范围又高要求的部位,我也能从容应对。

2023年,联影牵头,联合中山医院、瑞金医院等多家单位,承担科技部“十四五”国家重点研发计划“诊疗装备与生物医用材料”重点专项——光子计数能谱CT研发。这是一次跨越研发、制造、临床的协同攻关。中山医院放射诊断科主任曾蒙苏说,未来光子计数能谱CT有望成为主流CT,针对各类疾病进一步研究的空间非常大。

我的故事,其实才刚刚开始。从实验室走进医院,从科研项目变成临床工具,未来,我会见证更多人的康复和新生,也会继续进化,帮医生看得更清更准,帮患者减少更多病痛。