

# 从“开山挖矿”到“钻孔取铀”

## 我国铀矿冶技术不断创新突破

■本报记者 杨晓冉

一望无际的玉米地,已经抽穗的玉米秆像一个挺立着身躯的战士,守护着内蒙古通辽宝龙山地浸采铀科研创新基地。《中国能源报》记者了解到,不同于以前从地下开采矿物再运至地面冶炼的工艺,在这里,仅有成人手腕粗细的抽液管从地面插入地下,只在地面小露半截弧度。放眼整座铀矿“山”,看不到任何采挖痕迹,不影响玉米地每年的正常种植。

天然铀被称为“核电粮仓”。记者日前走访中核矿业科技集团有限公司(以下简称“中核矿业科技”)了解到,我国的铀矿资源具有品位偏低、规模偏小、条件复杂的特点。多年来,中核矿业科技集团有限公司不断创新,通过技术攻关引领我国铀矿冶技术跨越发展,推动天然铀产业转型升级。

### ■ 摸石过河

地下数百米深处,矿灯闪烁着幽蓝色微光,耳边不时传来轰鸣的机车声,厚厚的口罩也挡不住土腥味……把矿石从地下挖出来,运到地表,再利用多种物理和化学手段从中提取铀。在过去,这样的常规方法保障了我国核工业发展。但同时,这样的采铀方法开采成本高、安全本质度低,还会产生一定的废气、废水和废渣。我国原地浸出采铀创新团队开始思考:能否不挖矿,就在地表打孔,从小孔中加入含有化学试剂的水溶液,溶解矿石中的铀后再从另一个孔提

上来?“这么一来,通过注水和抽水,宝贵的战略铀资源就拿到了,而且地表植被没有遭到破坏,矿石还待在原来的地方,既安全又环保,可谓一举多得。”中国铀业股份有限公司总工程师苏学斌说。

说干就干,一支地浸采铀技术攻关团队组建起来,开启了我国原地浸出采铀(即“地浸采铀”)历程。

地层深处的铀矿物看不见,摸不着,如何准确判断钻孔位置,使溶浸液与矿石有效接触?要从数千吨矿石里把一吨铀提取出来,如何选择和配置溶浸液以高效溶解铀?含铀溶液要沿着指定的路线走,应尽收。流失一克铀,不光影响资源回收率,还可能对地下水造成污染,溶浸范围如何有效控制?一道道难题摆在了当时以苏学斌为代表的地浸采铀创新团队面前。“当时的我们摸着石头过河,地浸钻孔结构和施工工艺,全都要从零开始。”苏学斌说。

由于我国砂岩铀矿品位低、疏松富水,相关技术被国外长期封锁,我国的采铀产业研发起步较低,不具备相关的硬件装备,由于相关领域的标准、经验空白,一开始只能通过非标研制。“由于没有研制标准,相关设备无法从市场买到,需要科研人员从研制开始,自主研制,自主建造,自主实验和使用。通过一步步摸索经验,才生产出这些重大装备。因此,与国外相比,我国的技术非常独特,是目前国际上种类最齐全、能够面对最复杂情况的砂岩资源开发的工



图为正在建设的天山千吨级大基地。 中核矿业科技/供图

艺。”中核矿业科技集团有限公司总工程师阙为民向《中国能源报》记者讲述。

最终,经过整个团队夜以继日潜心钻研,一遍一遍筛选溶浸液,一次次通过模拟地下水的运动和流向进行精确计算,成功研发出了地浸采铀技术。

### ■ 创新三十载

据阙为民介绍,我国的铀矿虽然资源丰富,但禀赋较差。“国外较为常见的一座矿可能就有20万吨以上的体量,而我国的铀矿资源不仅总体品位较低,且体量较小。”与此同时,矿床开发条件也不尽相同,我国探明铀资源量中约52%为砂岩铀矿,70%以上的砂岩铀资源矿体多层叠置、低渗透承压,资源利用率一直较低。“国外如哈萨克斯坦的砂岩铀矿不仅规模大,渗透性又好。”阙为民进一步介绍。

在此条件下,如何把不可采的铀矿变为可采铀矿,如何尽可能提高已有铀矿的利用率并充分回收铀资源,成为长期以来我国采铀面临的紧迫难题。《中国能源报》记者了解到,30多年来,以苏学斌为代表的地浸采铀团队不断创新,从滇越古道到天山荒漠,从松辽草原到二连戈壁,引领着我国铀矿冶技术的跨越发展。

云南381地浸试验队在我国地浸采铀技术创始人王西文教授指导下,阙为民、苏学斌等人研究发现,砂岩铀矿氧化后易被酸或碱性溶液浸出,提出通过钻并注入浸出剂实现原位开采的技术路线,建立了含

铀溶液化学-运移和吸附-沉淀理论模型。后来苏学斌又以新疆512铀矿为对象,开展试验,建立了超前酸化、高效抽注和富集方法;针对十红滩高碳酸盐、高矿化度铀矿堵塞难题,提出低酸氧和弱酸微试剂浸出方法,使铀资源采收率达80%以上,达到国际先进水平。

但酸法地浸溶铀矿物多,试剂消耗大。“铀的溶解浸出条件pH值要么小于2,要么大于9,也就是说非酸即碱。”苏学斌说。有一次,他偶然发现一块暴露在空气中数月的矿芯,在没加酸没加碱,只和空气接触的条件下,经水浸泡后竟然有20%-30%的浸出率。

于是,苏学斌带领团队在内蒙古钱家店铀矿主持开展了CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>地浸系统研究,基于仿生科学装置构建了成矿逆过程浸出环境,提出水力切割微纳米溶氧、CO<sub>2</sub>浸出和带压离子交换、常温酸化加碱结晶沉淀等技术路线,建立了CO<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>浸出剂科学配制和碳酸体系提铀方法。“CO<sub>2</sub>温室气体得到资源化利用,试剂消耗降低75%,地下水得到良好保护。与常规硬岩采矿比,地浸采铀省去矿石采选工序,本质安全度大幅提升,边界品位由0.03%降为0.01%,生产成本降低约50%,将以前认为不能开采的砂岩铀矿变成经济铀资源,铀资源量较过去提高1倍以上,推动了我国铀矿开发由硬岩向砂岩的重大转变。”苏学斌说,至此,我国成为全面掌握酸法和中性地浸采铀技术的少数国家。

### ■ 技术突破是核心

苏学斌分析,一台运行60年全生命周期的百万千瓦级核电机组所需铀资源为一万吨,最新的全国铀矿资源潜力评价预测,我国铀资源潜力超过280万吨。按照我国2040年核电装机预计将达到2亿千瓦来测算,需要约200万吨天然铀。“从资源总量来看,我国的铀资源需求基本是有保障的。但如何将资源量变为产量,仍需取得技术、装备和材料突破,提高铀资源利用率。”

有中核矿业科技研发课题技术人员指出,我国矿石性质复杂,资源伴生情况严重。“伊犁盆地、鄂尔多斯盆地铀矿都是与煤伴生,这导致矿产资源协同开发难度大,勘探权问题待明晰。比如在开采煤、石油等资源过程中发现了铀,如何协同开发?有时候矿产的采矿权在他方,联合开采受阻,是否有可参考的法规、制度以确定矿产资源开采的优先权?”

阙为民指出,随着天然铀资源需求和开发难度逐年加大,在开发陆地铀资源的同时,探寻和开拓非常规铀资源将是一项重要的战略性选择。“比如海水提铀。海水中铀的浓度虽然较低但体量巨大,预估有45亿吨的铀资源量。目前海水提铀的关键核心技术亟待突破,中核矿业科技也一直在做前沿研发,并联合多家单位形成创新联盟,期望2050年能够突破制约海水提铀工业化的关键技术瓶颈,实现海水提铀的连续生产。”



图为正在建设的天山千吨级大基地。 中核矿业科技/供图

## 三峡云南能投三个光伏项目全容量并网

本报讯 近日,三峡云南能投金下基地小坪子、秀水井、火红马路3个光伏项目陆续全容量并网,为迎峰度夏和能源保供提供新的动能。至此,今年以来三峡云南能投总装机规模49.5万千瓦、总投资额25.64亿元的6个光伏发电项目实现全容量并网发电,预计每年可产生约83452万千瓦时清洁电能,相应可减少约70.43万吨二氧化碳排放。

由三峡云南能投投资建设的小坪子30兆瓦光伏发电项目位于云南省昭通市巧家县,项目平均海拔3100米,占地面积约835亩,总投资约1.6亿元。项目建成后,预计年均上网电量为4768.18万千瓦时,每年可节约标煤约1.44万吨,相应每年可减少二氧化碳排放约3.77万吨。项目采用“牧光互补”模式开发建设,综合效益显著。光伏板最低离地高度不低于2.5米,能够有效实现板上绿色发电,板下生态放牧,在增加绿地覆盖率的同时,积极为电网输送绿色电能。

火红马路150兆瓦复合光伏发电项目位于云南省曲靖市会泽县,项目占地3400余亩,总投资约7.91亿元。项目投产后,每年可产生约2.3亿度绿色电能,每年可节约标煤约9.2万吨、减排二氧化碳约22万吨。

火红马路项目采用了“一地两用”的开发模式,通过增加光伏支架高度,打造了板上绿色发电、板下生态修复的绿色发展模式,实现了经济效益和生态效益双丰收;同时,通过带动农户就业、荒山“变废为宝”,援建农村道路及提水泵站等方式,走出了一条清洁能源支持乡村振兴的绿色发展之路。

秀水井20兆瓦光伏发电项目位于昭通市巧家县蒙姑镇,平均海拔约3200米,占地面积约349亩,总投资约1亿元。工程区地形地势复杂,有近50%的装机布置在50度以上的陡坡上。项目克服建设环境条件复杂、物料运送困难等诸多不利因素,紧抓工程进度。为解决材料运输问题,确保项目顺利推进,该项目多次召开材料运输专题研究

会,创新性采用无人机、溜索运送光伏组件和材料,打通项目建设“最后一公里”。项目建成后,预计年均上网电量为3386.92万千瓦时,每年可节约标煤约1.02万吨,相应每年可减少二氧化碳排放约2.68万吨。

截至7月底,三峡云南能投共有8个光伏发电项目实现全容量并网投产,总装机规模78.5万千瓦,总投资额41.83亿元,每年可产生清洁能源约13.45亿千瓦时,相当于减少二氧化碳排放111.92万吨。下半年,金下基地(云南侧)项目将进入投产并网高峰阶段,位于云南昭通的白沟林200兆瓦光伏发电项目和位于云南楚雄的马游180兆瓦光伏项目、官屯80兆瓦光伏项目计划将于8月底实现并网发电。

随着项目陆续并网投产,金下基地“水风光储”多能互补一体化项目的调节作用将得到有效增强,云南省昆明、曲靖、昭通、楚雄等地的社会经济发展将得到更多绿色电能支持。(俞昭君)

## 近九成高速服务区覆盖充电设施

本报讯 近日从交通运输部获悉,按照“建站先行、以供促需”的原则,近年来,我国充电基础设施建设取得显著成效。截至今年6月底,全国已有5931个高速公路服务区覆盖充电设施,占高速公路服务区总数的89.48%。

自2014年起,交通运输部部署各地结合新能源汽车用户规模和发展需求,在高速公路服务区增设充电设施。截至今年6月底,累计建成充电桩1.859万个,覆盖2.9万个小型客车停车位,并有2.7万个停车位预留了建设安装条件。北京、河北、辽宁等17个省份高速公路充电基础设施覆盖率超过90%。全国已有5128个高速公路服务区充电车位占小客车总停车位的比例超10%,高速公路服务区充电基础设施网络日益完善。

据了解,下一步,交通运输部将以高速公路服务区充电设施为重点,按照“适度超前”的原则,进一步优化完善公路沿线充电基础设施网络,努力形成“固定设施为主体、移动设施为补充,重要节点全覆盖,运行维护服务好,群众出行有保障”的充电基础设施网络,有效满足电动汽车充电需求,服务公众便捷出行,助力电动汽车产业高质量发展。(韩鑫)

## 山东滨州:渔光互补项目进入对虾收获季



### 图片新闻

位于山东省滨州市无棣县东港经济园区的无棣华东院新能源项目,拥有150MW光伏电站一座,养殖水面4000余亩。该项目采用渔光互补光伏发电模式,光伏板适当遮光,解决了水产养殖“夏热、水温高”的难题,南美白对虾养殖喜获成功,产量达100公斤/亩左右,实现了渔光互补,联产共赢。

时下,该项目对虾进入收获季,每天有万公斤优质对虾,被辽宁、浙江等全国各地客商抢购一空,因为公司员工在收获南美白对虾。视觉中国