

新能源

责任编辑:马玲
电 话:59963159
邮 箱:
lingma@sinopec.com
审 校:张春燕
版式设计:王强



周“油”列国
油 事 精 彩

“点水成锂”——油气田的新跨界

本报记者 杨静丽

油气田采出水提锂技术具有资源战略价值和环保效益



华东理工大学原副校长、
博士生导师
王建国

问:开展油气田采出水提锂技术研究对资源回收及环保有何意义?

答:油气田采出水提锂技术具有资源战略价值和环保效益,将推动石油行业向绿色低碳转型,主要意义如下:

一是拓宽锂资源供应渠道,油气田采出水锂资源分布广泛、储量可观,可成为锂资源的重要补充来源。

二是提高资源综合利用率,油气田采出水伴生资源转化为有价产品,可提高油气田整体经济效益和资源价值。

三是减少污染和降低环境风险,在提取锂资源的同时能去除部分有害物质,减轻对环境污染的压力。

四是促进绿色可持续发展,助推油气田行业向资源节约型和环境友好型协调发展,符合绿色发展和循环经济理念。

问:目前国内外油气田采出水中锂资源潜力如何?主要富集区域有哪些?

答:从已报道的资料来看,富锂的油气田采出水在美国、加拿大、德国、法国、意大利、伊朗、印度等国均有分布,油气田卤水提锂项目主要集中于美国Smackover地层与加拿大Leduc地层。

我国富锂的油气田采出水主要集中在海相(四川盆地三叠系、渤海湾盆地等)、海陆混合相(北部湾盆地三叠系油气田、珠江口西部文昌油气田)、陆相(江汉盆地、渤海湾盆地南端、柴达木盆地、塔里木盆地等)沉积盆地。

问:与传统锂矿(盐湖、锂辉石)开采相比,油气田采出水提锂的优势和挑战有哪些?

答:优势:一是资源潜力大且分布广泛,采出水中含锂、钾、溴等多种矿产,可实现多种资源综合利用;二是基础设施与技术相通,油气开采基础设施、勘探开发技术、数据等可应用于提锂过程;三是环保低碳,采用绿色提锂新工艺,与现有油气系统协同,兼具资源循环与环境保护双重效益。

挑战:一是水质成分复杂且锂含量相对低,兼有点多、单点规模小的特点,需进行工艺优化;二是技术成熟度不足,规模化经济性低于传统方法,需进一步改进技术,降低成本;三是缺乏标准规范,尚无完整的油气田采出水提锂资源评价、勘探开发、环境保护方面的标准规范。

问:油气田采出水提锂的主流技术路线有哪些?

答:油气田采出水提锂主要借鉴了盐湖提锂技术,主要有吸附、膜分离、萃取、化学沉淀及其组合工艺等,采用耦合工艺法,如“预处理+富集浓缩(吸附-膜分离)”,是目前各油气田锂提取试验的主流技术路线,适用于成分复杂、有机物含量高、锂离子浓度相对较低的油气田采出水。技术瓶颈主要是受吸附剂的高吸附量、选择性、操作稳定性及离子强度影响,分离工艺流程复杂、成本较高、整体规模经济性较低。

目前油气田采出水提锂技术仍处于试验或初步工业化阶段,不同技术路线的回收率和纯度差异较大,整体技术水平较盐湖提锂规模小、成熟度低。采用耦合工艺技术的整体回收率大于70%,碳酸锂成品纯度在工业级碳酸锂标准(纯度≥99%)以上,通过进一步纯化处理,可以达到电池级标准(纯度≥99.6%)。

问:在推动油气田采出水提锂产业化方面有哪些建议?

答:通过政策激励、技术创新和商业模式优化等多方合力,助推采出水提锂产业化。

政府要提供政策支持与引导,制定相应优惠政策(给予税收减免、绿色信贷支持、专项补贴等),引导企业合理布局提锂项目,在开采许可证中增加伴生资源回收等内容。

企业要优化技术路线与商业模式,探索“油气+伴生资源多元素联产”模式,加强上下游企业战略合作,形成提锂加工、销售完整产业链,通过低碳工艺参与碳交易,增加收益。

科研机构要加强技术研发及产学研合作,突破关键技术瓶颈,如高效吸附材料、抗污染膜材料等新技术研发,加强与企业对接合作,积极推动实验室成果向产业化应用转化。(苏三宝 王峰 整理)

每天早上,当你拿起手机查看时间,或是打开笔记本电脑开始一天的工作时,可能没意识到——这些设备里都藏着一个“能源小精灵”:锂。它不仅能让手机待机一整天,还能让电动汽车一口气跑几百公里。

国际能源署(IEA)在2024年5月发布的《世界能源展望》特别报告中指出,到2040年,全球对锂等关键矿产的需求将增加6倍。

锂:新时代的“白色石油”

近十年,锂从传统的冶金合金“配料”摇身一变成为最热门的矿种之一

作为已知质量最轻的金属,锂的化学性质相当活泼,在等质量的情况下释放的电子最多,适用于科技、储能及军工等领域。

锂作为新能源和战略新兴产业的关键金属,被世界主要经济体列为关键矿产资源之一,享有“白色石油”和“21世纪最有应用潜力的金属”等美誉。特别是近10年,随着新能源汽车产业快速发展和可控核聚变技术研发不断突破,锂从传统的冶金合金“配料”摇身一变成为最热门的矿种之一,在全球发展中的战略意义愈加凸显,战略地位不断提升,直接且深度关系国家经济安全、国防安全和国际竞争等,具有重大战略价值,对国家关键技术的突破和重大发展需求的满足起到不可替代的作用。

我国作为全球第一大锂资源消费国,国内锂资源供给不足,对外依存度长期保持较高水平,锂资源安全形势严峻。2023年8月25日,工业和信息化部、国家发展改革委等七部门联合发布《有色金属行业稳增长工作方案》,重点强调要针对锂等紧缺战略性矿产加大国内勘查开发力度,制定锂等重点资源开发和产业发展总体方案,设立绿色通道,推动相关项目建设投产,稳定关键产品供应,培育有色产业链“链主”企业,提升供给能力。鼓励上下游企业建立协作关系,促进锂资源有效开发和利用,保障国家能源安全和经济发展。

锂从哪里来?

液态锂矿以游离态方式存在于卤水中,固态锂矿是指锂盐以矿石形式存在于固体矿中

在自然界中,锂矿主要分为液态锂矿和固态锂矿。

液态锂矿以游离态方式存在于卤水中,包括盐湖卤水型锂矿和地下卤水型锂矿。锂在水体中的含量与水体温度、蒸发

程度、储存条件及经历的演化过程密切相关,一般来说,随着温度升高,流体溶解岩石中锂的能力增强,故自然界中温泉与常温地下水相比,锂含量通常更高,可在1毫克/升以上;盐湖卤水由于受到地表强蒸发作用及周边丰富的物源补给,锂含量通常较高,多数高于10毫克/升,锂含量极高者可在1000毫克/升以上。

固态锂矿是指锂盐以矿石形式存在于固体矿中,主要包括花岗伟晶型锂矿和花岗岩型锂矿。根据氧化锂含量及晶体形状等特征,锂矿石可进一步细分为锂辉石、锂云母、磷灰锂铝石、透锂长石及铁锂云母,其中,锂辉石和锂云母是重要的工业用矿。

目前,国内外锂资源主要来自盐湖卤水、锂辉石/锂云母矿石、黏土型锂矿。全球锂矿分布呈现高度集中的特点,南美洲的“锂三角”地区——玻利维亚、智利和阿根廷,坐拥超过全球一半的锂资源。北美的美国、加拿大、大洋洲的澳大利亚,也是锂资源大国。

我国锂资源丰富,在全球锂矿版图中占据重要位置,锂矿分布呈现多元化的特点,涵盖盐湖型、伟晶岩型、地下卤水型和黏土型等类型。盐湖型锂矿主要集中在青海柴达木盆地和西藏地区;伟晶岩型锂矿主要发育在阿尔泰、阿尔金、西昆仑、川西、喜马拉雅、东秦岭、武夷、南岭、江南和兴蒙等造山带。

新蓝海:油气田采出水提锂

在全球能源转型与锂资源需求激增的背景下,油气田富锂采出水成为“隐藏宝藏”

除了盐湖“咸水”和矿山“锂辉石”这些常规的锂资源获取来源,油气田采出水、地

热水等是锂资源的非常规来源。

油气田采出水是指与油气藏有密切联系的地下水,往往与石油和天然气组成统一的流体系统。油气田采出水在油气成藏阶段与烃类物质共同经历了漫长的演化,发生了复杂的物理化学反应,更大程度上溶解了地层中的锂,导致锂含量远高于自然界地表河流、湖泊等,部分甚至高于盐湖卤水,具有潜在的开采利用价值。

特别是在全球能源转型与锂资源需求激增的背景下,油气田采出水这一“隐藏宝藏”正成为锂资源开发的新蓝海,含有多种无机盐和微量元素,包括锂。

随着全球锂需求增长,从油气田采出水中回收锂成为研究热点。美国能源部(DOE)2021年报告显示,部分美国页岩油气田采出水锂浓度为100~500毫克/升,高于传统盐湖卤水锂浓度(20~200毫克/升)。

油气田企业凭借核心竞争优势,跨界布局锂矿开发领域具有天然契合性。一方面,油气田企业在液体资源开采与提炼方面积累了成熟经验,能快速形成技术协同效应和成本管控优势。另一方面,这些企业在矿权获取、土地资源整合等行政审批环节具备成熟的运作体系,加之雄厚的资金实力,快速切入锂电产业链上游具有独特发展优势。

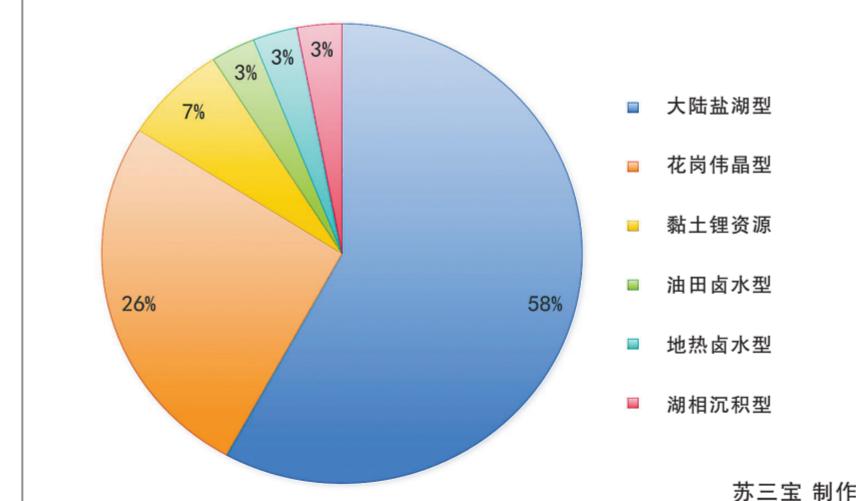
点水成锂,采出水提取技术大比拼

每项单独工艺技术都有局限性,整合各个单项技术的优势,可以提高锂回收的效率

目前主流的油气田采出水提锂技术,主要有沉淀法、吸附法、萃取法、膜分离法等。

沉淀法是盐湖卤水提锂中应用最多的

全球锂资源分类示意图



苏三宝 制作

中原油田东濮老区采出水提锂技术研究取得突破,首次成功提取高纯度碳酸锂

老油田探索开启新“锂”程

本报记者 杨静丽 通讯员 王峰 向美强

在中原油田技术创新实验室,来自文三采出水处理站的采出水正经历神奇蝶变。近日,科研人员经过两年多的不懈攻关,首次从复杂的东濮老区采出水中获得纯度99.4%的工业级碳酸锂。

“在油气成藏的漫长时间内,地层中的锂资源溶解于水,水驱开采让作为油气‘附属品’的锂重见天日。”中原油田水务分公司水务技术专家、提锂工艺技术研究项目负责人苏三宝说。

资源摸排,绘就东濮“锂地图”

中原油田东濮老区产出水具有“低三高”特征,即低锂含量、高杂质离子、高矿化度、高有机物,提取锂资源面临挑战。2023年,一支由油田地质、工艺、水务技术人员组成的科研团队迅速集结,开启寻“锂”之旅。科研团队采用“区块摸排+井点跟踪”技术,完成600余口井的采出水

析,首次在东濮凹陷锁定4处锂资源富集区,并绘制分级资源分布图,为规模化开发奠定了基础。

科研团队整合储层物性、测井数据等资料,建立“砂体-盐岩耦合”评价模型,精准定位富锂卤水层位;通过复用老井数据,勘探成本大幅降低,验证井采出水锂浓度达到工业开采标准。

“该成果标志着油田在伴生资源勘探方面取得突破,为后续推进提锂工艺优化打下了基础。”油田勘探开发研究院实验中心副主任高志飞表示。

“吸附+膜”法,探索东濮特色提锂工艺

寻找合适的吸附剂是锂提取工艺的第一步。在吸附剂筛选环节,科研团队展开了一场吸附剂“选秀”比赛。“就像给锂离子找专属‘捕手’,使其能在东濮高钙、高镁的采出水中准确捕获锂离子。”油田石油工程技术研究院技术员王莲萍说。

铝系、钛系、锰系吸附剂轮流登场。通

过上百次对比实验,铝系吸附剂脱颖而出。在同样条件下,铝系吸附剂锂回收率超过85%。

2023年底,科研团队在文三采出水处理站,利用铝系“捕手”开展锂富集现场小试,采用连续离交吸附装置,在不同运行参数下,锂离子平均回收率83.7%,浓缩倍数11.5倍,获得解析合格液约1.5吨,锂离子含量约170毫克/升。

“如果说吸附环节是通过吸附剂捕获锂离子,那么膜法则是给含有大量杂质的‘混合液’减肥瘦身。”水务分公司技术员袁伟红解释。科研团队自行改制膜试验装置,对混合液进行超滤等多级膜工艺处理。

“超滤膜先‘切除’大分子有机物,反渗透膜‘抽脂’去除盐分,纳滤膜精准‘修剪’二价钙、镁离子,电渗析‘过滤’硼元素。”袁伟红说,“每一步都像是一场战斗。”经过多次试验,最终确定了适配的工艺参数,1.5吨合格液通过膜法提纯变成了5.25千克“锂浓缩汁”。

纯化结晶:实验室里诞生碳酸锂小样

为了打通从“锂浓缩汁”到碳酸锂的“最后一公里”,科研团队在实验室搭建沉锂装置进行“化学魔术”,使“锂浓缩汁”缓慢析出雪白的碳酸锂粉末。首批生成约200克碳酸锂样品,经第三方检测,样品纯度为99.4%,达到工业级碳酸锂产品标准。

历经两年,技术团队先后筛选出适用于高钙、高镁、高有机物、低锂品位油田水提取锂的吸附剂,论证了离子除杂技术的可行性,攻克了沉锂技术等问题,实现了油田复杂水质特性条件下低浓度锂的分离、富集和提取,并成功制备出高纯度碳酸锂。

“我们打通从锂资源评价到碳酸锂提取的全套工艺流程,不仅为油田新能源开发拓展了新赛道,也为同类型低品位锂资源高效提取探索出了一条可行路径,接下来将加快形成油田锂资源开发特色工艺技术,为油田采出水伴生资源高效开发利用提供技术支撑。”苏三宝信心满满。