

造就深层钻探的新型“指挥家”

合成基钻井液创多项油田勘探开发纪录

◎本报记者 王延斌 通讯员 梁子波

3月14日,广袤的黄河三角洲腹地,工人们正在中国石化胜利油田开春后部署的一口油井——丰页1-10井繁忙地施工。向地球深处进军,施工装备要面临高温高压的考验。一种新技术的介入让眼前的油井钻探起了巨大变化。

中石化胜利石油工程有限公司(以下简称胜利工程公司)70682钻井队平台经理马光伟告诉记者,与以往相比,新型钻井液在润滑性、抑制性和油层保护等方面具有优越表现。它的介入,让这口水平井机械钻速提高了一倍多。

上千次筛选试验,只为找到钻井液最优配方

在钻井行业,专家们这样形容钻井液:在超深层地下,钻井液如同一位“指挥家”,沿着钻杆,被高压注入井内,引导着钻进钻头。钻井液不仅能够冷却钻头,避免井喷、井漏、井塌,而且能带回钻头“咬”下的岩屑。但钻井液要在超深层地下“生存”下来并不容易,在油气钻井工程专家、中国工程院院士孙金声看来,在超高温高压环境中,钻井液就如同在高压锅里被煮,很容易失效。

经过3年持续科研攻关,胜利工程公司高级专家陈二丁团队开发出了一种助力钻井开发的新技术——合成基钻井液。以中石化石油工程领域集团公司高级专家李作会作为组长的鉴定委员会认为,该技术“在复杂地层具有广阔的应用前景,项目达到国际先进水平”。

从20世纪60年代初期开始,胜利油田钻井经历了从浅井、中浅井到深井、超深井再到水平井以及大位移井的钻探过程。随着钻井开发难度不断加大,人们对钻井液的要求也越来越高。针对钻井过程中出现的钻井机转速低、井壁不稳定以及水平井摩擦大等问题,胜利石油工程公司钻井液技术服务中心(以下简称钻井液中心)提出了新课题。他们希望研究出一种全新的合成基钻井液技术,提高钻井施工中钻井液的润滑性和抑制性,保护油层、提高机械钻速。

早在1990年,国外同行就开始着手这方面的研究。在位于大西洋东北部边缘海域的北海地区,酯基钻井液首次应用,并经历了第一、二代的发展。墨西哥湾和北海地区使用的合成基钻井液占这两个地区钻井液总数的90%以上。这意味着新型钻井



合成基钻井液施工现场。胜利工程公司供图

液已经在海外逐步取代水基和油基钻井液。

陈二丁明白,攻关新型钻井液,需要研究清楚国内地质情况,对症下药。

研发不易,挑战一个接着一个。从合成基钻井液油包水乳状液稳定机理研究,到基础油、乳化剂、润湿剂、有机土等方面的探索,对陈二丁团队的科研人员来说,每一个关键处理剂的制备与配伍效果评价都是摸着石头过河。在实验中总结规律,寻找最佳制备条件及最优加量,陈二丁团队完成了上千次的筛选、对比、加量试验,最终确定了钻井液配方,并全面开展了体系抑制、润滑、抗温、流变性能、抗污染、油层保护等性能测试和对比试验。

新技术落地,展现广阔市场应用空间

走出实验室,陈二丁团队带着问题走进一个个钻井施工现场。

在胜利济阳页岩油国家示范区,在胜利浅海,在新疆永进油田中石化重点井永3-侧平1井……他们一次次试验,一次次改进。

改变既有模式很难。在陈二丁看来,他们在试

验现场遇到的最大难题就是技术人员与井队之间的沟通交流。这需要打破水基钻井液复杂施工模式,改变井队现场钻井液配制流程与管理程序,建立复杂地层合成基钻井液施工规范,为复杂地层安全高效钻井提供技术支持。

在钻井液中心会议室,记者视频连线了正在新疆大漠深处工作的钻井液技术服务中心首席专家王宝田。他介绍,合成基钻井液技术广泛应用于新疆永进区块、胜利页岩油区块和强水敏区块,累计应用于近百口井,有效减少了井下复杂情况,缩短了钻井周期。

“在新疆永进区块永3-侧平1井,合成基钻井液的应用,打破了永进油田10年来勘探开发的沉寂局面,合成基钻井液在低温、高密度等方面创造了多项施工新纪录,日产油50吨以上。”王宝田说。

据介绍,新型钻井液在胜利济阳凹陷页岩油地层的应用,实现了页岩油勘探开发的新突破,成为胜利页岩油勘探开发关键技术之一。其中,丰页1-1HF井峰值日产量262.8吨,刷新了国内页岩油单井日产量最高纪录;丰页1-6HF井完钻井深7025米,刷新了胜利油田最深水平井纪录,创页岩油水平段最长纪录指标。

“合成基钻井液兼有水基钻井液和油基钻井液的优点,能够实现性能优良与环境保护双重功能,具有广阔的市场应用空间。”陈二丁说。

竹类组学和分类学信息平台上线

分析研究竹类植物有了“利器”

◎本报记者 赵汉斌
实习生 杨紫娟

竹类植物是竹亚科植物的总称,与水稻、小麦、大麦和燕麦同属于禾本科BOP分支,具有重要的经济、生态和文化价值。有效整理盘活海量的竹类组学和分类学信息数据,更好地服务竹类植物的系统进化和功能研究,已经成为研究人员和相关产业的迫切需求。

近日,中国科学院昆明植物研究所研究员李德铎团队基于长期研究成果,搭建并公布了一个竹类组学和分类学信息平台(BambooBase),相关论文在线发表于国际期刊《分子植物》。

这一信息平台收录了竹类植物18个

不同版本的基因组、476个转录组和16个表观基因组的数据,以及135个属的分类学信息。研究团队基于序列相似性和基因共线性信息,构建了竹亚科物种基因组及亚基因组间的同源基因数据集。

该平台提供了丰富的生物信息学工具,方便用户对不同竹类植物基因以及基因同源关系进行查询、分析和可视化。“竹类组学和分类学信息平台用户界面友好,是一个集成竹类多组学和分类学资源的信息平台,可为全球从事竹类相关研究的人员提供一站式数据支持。”李德铎介绍。

在演化进程中,竹类植物经历过多次异源多倍化事件,各主要分支间形成复杂的网状演化关系,同源基因的鉴定比较困难。该平台选择水稻作为外类

群,以基因组为单位,通过整合序列相似性和基因共线性信息,将13个基因组27个亚基因组的基因聚类划分到16.63万个共线直系同源基因簇。与仅使用序列相似性信息聚类方法获得的基因簇相比,同源基因簇在区分直系同源基因和旁系同源基因方面表现更优。

“此外,相较于严格要求基因拷贝数符合染色体倍性的‘完美拷贝’方法,共线直系同源基因簇提供了更灵活和更全面的直系同源基因数据集。”中国科学院昆明植物研究所副研究员刘云龙介绍,平台用户可以从目标基因出发,查询其所在同源基因簇的所有基因列表和基因树。

竹类组学和分类学信息平台为每个基因建立一张“卡片”,记录包括基因

注释、各类组织和不同发育阶段表达量等基本信息。研究人员还可以从该卡片链接到基因组可视化和同源基因等模块以及相关外部数据库。此外,平台还提供了丰富的查询、分析和可视化工具,如微观和宏观尺度(亚)基因组共线性、序列搜索比对、引物设计、同一竹种不同拼接组装版本的基因ID转换、功能基因富集和共表达网络分析等。

除了多组学数据外,平台的竹类系统发育工作组版块集中介绍了全球竹亚科已知的3个族135属的主要分类学信息,包括每个属发表时的原始文献、异名、模式种、形态学描述和地理分布等。同时,该平台还提供了一些主要属的相关研究文献、标本及活体照片和所含物种等信息。

大容量硅碳负极新材料走向产业化

◎本报记者 陈曦

里程焦虑,一直是电动汽车市场没有拔掉的“刺”。传统电池材料已不能满足锂离子电池高容量化的发展,电池新材料的攻关及产业化进程亟待加快。

天津师范大学物理与材料科学学院研究员张波带领团队,依托该校储能材料表面技术国际联合研究中心,在高容量硅碳负极材料产业化方面进行了10年研发。近日,天津师范大学与江苏贝嘉宁硅业有限公司成功签约,共转让9项发明专利,使科技创新成果从实验室走向企业生产线。

目前,在大规模商业化应用方面,锂离子电池负极材料以人造石墨为主。石墨负极材料的容量已经接近其理论容量,提升空间非常有限。硅材料的理论容量是石墨的10倍,且硅基负极材料还具有低脱嵌锂

电位、环境友好、储量丰富等优点,被视为最具潜力的下一代负极材料。

张波团队早在10年前便把硅碳负极材料的产业应用作为研究方向和开发目标。

“我们在研发的过程中,攻克了硅碳负极材料产业化中的诸多关键问题。”张波说。

在研发初期,科研团队最先遇到的难题就是硅的纳米化。“我们把纳米硅和碳进行复合,但数据结果不理想。国产纳米硅不能满足生产需求,而进口纳米硅价格又十分高昂。”张波说,为此团队进行了大量的实验,从原料的预处理到设备的改造、工艺条件的优化,终于将硅的尺度降低到50纳米以下,解决了硅的纳米化问题。

“我们还实现了纳米硅的有效分散和包覆,并将其与石墨负极材料进行了匹配。这样既可以提升复合材料

的库伦效率。”张波介绍,团队制备的硅碳负极材料,相较传统材料,可有效提升锂离子电池容量,使电子容量和电动汽车的续航时间增加20%至30%,同时提升材料稳定性,降低成本,整体工艺利于规模化生产。

除了汽车动力电池外,目前锂离子电池还应用于3C类电子产品和储能电池。这些领域对锂离子电池都有高容量化的需求,但具体要求又不尽相同。“3C类电子产品已开始采用硅碳负极材料,增加电池的容量提高了电子产品的待机时间。”张波介绍。

中国化学与物理电源行业协会储能应用分会发布的《2024年中国新型储能产业发展白皮书》显示,预计2025年全球锂离子电池储能累计装机量将超过300GW,其中,中国锂离子电池储能累计装机量将达65—70GW。在动力电池领域,以特斯拉为首的电动汽车企业正在积极导入硅碳负极材

料,提升电动汽车的续航里程。

据介绍,按照预测,2025年,硅碳负极材料的市场需求将达到30万吨,产值将达到200亿元—300亿元。纳米硅、硅碳负极材料的市场前景非常广阔。目前,国内外的机构都在积极布局。

“我们研发工作开展得非常早,解决了很多核心问题,尤其是在工程化方面进行了10年的积累,成果优势非常明显。”张波说。

江苏贝嘉宁硅业有限公司对该创新成果的市场前景十分看好。公司相关负责人介绍,面向新材料,他们将持续投资。一期产线建成后,年产值将达到1000万元。在此基础上,二期计划投资1.6亿元,年产值将达到2.5亿元。

张波表示,下一步,他们将继续依托学校和企业研发平台,研发新一代硅碳负极材料,继续优化硅碳材料结构,提升材料的性能,降低材料的成本,提高工艺稳定性和成熟度。

成果播报

锂电池高安全性电解液研究获重要进展

科技日报讯(记者吴长锋)记者3月22日获悉,中国科学技术大学化学与材料科学学院任晓迪教授团队联合火灾科学国家重点实验室王青松教授团队,研究发现利用分子间氢键的相互作用可以显著改善醚基电解液在电极界面的稳定性,并可有效抑制锂金属电池热失控过程。相关成果日前发表在《自然·通讯》上。

锂金属电池具有超高的能量密度,被视为下一代电池技术的有力竞争者。但它在电解液稳定性和安全性方面还面临着不小的挑战。传统的碳酸酯类电解液虽然在锂离子电池中得到广泛应用,却难以兼容活泼的锂金属负极。提高电解液浓度虽然可以在一定程度上改善醚的电化学稳定性,却带来了成本增加、低温性能衰减等问题。更为棘手的是,大量阴离子的存在会引发热失控等安全问题。

针对上述难题,研究人员提出一种全新的分子锚定策略,有望同时解决醚基电解液的高压和安全难题。他们在乙二醇二甲醚中加入含强极性碳-氢

基团的氟代醚溶剂,发现两者可以通过分子间的“锚定”作用,有效降低醚键上氧原子的电子云密度,大幅提高溶剂的抗氧化能力。

基于分子锚定概念设计的电解液,展现出优异的高压性能。为了揭示其机理原理,研究人员开展了系统的表面分析。结果表明,在分子锚定电解液中,溶剂分子之间通过氢键形成稳定复合物,有利于提升电解液的热力学稳定性。此外,由于减少了活泼阴离子的使用,分子锚定电解液在高电压正极表面诱导形成的界面膜也更薄更稳定。

研究人员进一步考察了电解液的安全性能。在锂金属软包电池中,当温度升高到140摄氏度左右时,高浓度电解液与锂金属剧烈反应并放出大量热量,而分子锚定电解液与锂的相容性得到大幅提升。分子锚定电解液可以将热失控开始的温度提高到209摄氏度以上。

研究人员表示,设计合理的分子间相互作用可以从根本上改变电解液的性能,为未来电池电解液的分子工程提供新的方向。

研究发现东北黑土最初由风力搬运而来

科技日报讯(记者陆成宽)记者3月20日从中国科学院地质与地球物理研究所获悉,该所科研人员在东北黑土区开展了大范围的野外调查和样品采集工作。科研人员通过分析采集的黑土样品发现,黑土物质最初都是由风力搬运而来。相关研究成果在线发表于国际学术期刊《Catena》。

黑土是世界公认的最肥沃的土壤之一,被誉为“耕地中的大熊猫”。东北黑土区是我国重要的粮食生产基地。然而,在人类活动影响加剧的背景下,东北黑土正受到侵蚀的严重威胁。“厘清东北黑土的成因及其沉积背景,将有助于针对性地开展东北黑土地的侵蚀防治工作。”论文通讯作者、中国科学院地质与地球物理研究所研究员杨石岭说。

此次,科研人员对采集到的东北黑土及下伏沉积物样品进行了粒度分析与光释光测试,以探讨东北黑土的成因和沉积背景。粒度分布结果显示,位于东北西部的黑土与黄土高原北部砂黄土类似,表现出典型的风成特征;位于东北东部的黑土与冲积平原上的次生黄土类似,具有后期水力改造的特征。

同时,黑土平均中值粒径以及砂含量结果显示,东北黑土自西向东粒度整体由粗变细,其空间分异方向与东北地区尘暴季节的风向完全一致。

“我们认为,尽管东部黑土存在局地的水力改造,但是并没有改变大范围内粒度的空间分异格局,黑土物质最初都是由风力搬运而来的。”论文第一作者、中国科学院地质与地球物理研究所博士生张师豪说。

年代学研究显示,东北黑土主要形成于距今约1万年以来的全新世,而其下伏沉积物主要形成于末次冰期且年龄分布范围较宽(距今1.2万年—6.5万年)。“该结果意味着,在末次冰期,东北黑土区的地貌条件并不稳定,受到了不同程度的侵蚀。这可能与冰期增强的风蚀以及周边山岳冰川融水导致的水蚀密切相关。全新世气候温暖湿润,植被发育,使得风尘物质得以保存并发育为富含有机质的黑土。”张师豪解释。

杨石岭表示,这项研究对东北黑土地保护具有重要意义。考虑到植被对于风尘物质堆积和土壤发育的重要性,适当的植被恢复将有利于黑土资源的可持续开发。



黑龙江省海伦市前进镇光荣村的黑土耕地。新华社记者 谢剑飞摄

天府高铁站完成“凤凰展翅”

科技日报讯(记者矫阳)记者3月22日获悉,位于成都的新建天府高铁站(以下简称天府站)近日完成光谷屋盖钢结构提升,并达到设计标高位置。

天府站光谷屋盖钢结构重4356吨,平面南北向494米,东西向305米,投影面积超3.6万平方米,为全国首例新型多曲网架组合大跨度多曲单层网壳复合结构。远远望去,该钢结构屋盖仿佛一只翱翔如生、展翅高飞的凤凰。为满足采光要求,天府站钢结构屋盖中部采用抽空网架设计。

天府站总建筑面积约61.2万平方米,站台规模为12台22线,是成都市“四主三辅”铁路枢纽客运站规划布局中的四个主站之一,同时也是四川首个TOD综合铁路站、四川省内面积最大铁路站房。

如此复杂的大重量钢结构设计,对

安装精度提出了严苛的要求。中铁建设集团有限公司项目团队创新应用了“半逆作法”施工方式,在混凝土商业夹层主体结构未完成时,先行施工钢结构屋盖,随后再进行混凝土商业夹层主体结构施工。

为保证屋盖钢结构在提升时不变形,经过精心计算,项目团队在两侧设置等距渐变临时拉弦,渐变长达30—62米,形成体外预应力空间双弦网架结构,保证了提升时屋盖钢结构的受力平稳。团队还利用计算机全自动控制液同步提升技术及健康监测系统,让作业在实现智能化的同时精度达到毫米级。

作为成渝双城经济圈上的重要城际枢纽节点之一,天府站建成后将成为支撑成都天府新区与东部新区协同发展的重要交通载体,为区域经济发展注入新的活力。