



视觉中国供图

创新理论精准识别井喷风险 深海钻井作业迈向“超深水”

◎杨安 本报记者 王健高

在近日举行的2020年度国家科学技术奖励大会上,中国石油大学(华东)石油工程学院孙宝江教授牵头的“海洋深水钻探井控关键技术”项目荣获国家技术发明二等奖。

众所周知,井喷是安全高效钻探的常见风

险,与陆地相比,海上钻探井喷风险更高。全球近30年发生了300多起严重的海上井喷事故,损失巨大。

深水钻探井控安全是行业公认的世界性难题。孙宝江团队自主研发的这套整体技术攻克了井底气侵早期识别和井喷风险主动快速处置等技术瓶颈,是深水井控技术装备的重大突破。

聚焦准确调控的理论瓶颈

20世纪80年代以来,国际上普遍应用的是“气—液”两相流井控理论模型。早在15年前,孙宝江团队也是按照这套理论体系对井控等过程中的水力参数优化设计技术进行研究,但是随着钻井深度的不断增加,特别是海洋深水井筒大温差、流场复杂情况的出现,其模型压力预测与现场出现了较大偏差,最高误差达30%以上。

基于主动井控的思想,孙宝江团队认为早发现、早预测才能早控制。

2006年,孙宝江参与策划了国家863计划重大项目“南海深水油气勘探开发关键技术及装备”。

孙宝江介绍,在研究过程中遇到了现今备受关注的新能源——天然气水合物,而在当时

天然气水合物被认为是一种不利因素。因为天然气水合物在井筒中的形成,可导致气侵发现的延迟、井筒或防喷器的堵塞,甚至造成油气井的报废。

“必须要重视固相(水合物)对于深水井控的影响。”孙宝江团队综合考虑天然气水合物生成的热力学、温度和压力条件,预测深水钻井井筒中天然气水合物生成区域,针对南海深水钻井的特点,建立了多相流控制方程组、环空和钻杆内的温度场方程以及水合物生成的热力学方程。

团队针对不同的钻井工况给出了方程的定解条件、方程离散方法以及求解步骤。自此,传统的“气—液”两相流井控理论模型增加到“气—液—固(水合物)”三相流深水井控理论模型。

实现井控关键装备研发的源头创新

2008年,在沈忠厚院士、罗平亚院士等专家的指导下,孙宝江牵头团队承担了国家支撑计划课题“三高气井井筒压力控制技术”,并任课题组长。在研究过程中,团队发现井筒里面的流体不只有气、液、固三态的特性,有些时候,井筒内的压力和温度会超过天然气的临界压力和临界温度,此时天然气会处于一种超临界状态,如何科学表征这种现象是解决井筒压力预测和控制偏差的关键之一。孙宝江团队对此发现兴奋不已,因为这一理论是革新性的,但也正因为如此,这在当时团队内部和学术界引发了热议。

实践是检验真理的唯一标准。孙宝江团队

用超临界的理论很好地解释和印证了生产实际现象,有针对性地建立了井控多相流动方程,为钻完井安全过程井控方法与工艺技术进步提供了理论支持。

针对深水钻探井控面临的安全钻井压力窗口窄等诸多难题,孙宝江团队围绕如何提高井筒压力预测和控制精度,创建了“超临界气—液—固(水合物)”三相流深水井控理论模型。他们利用发明的全尺寸深水井筒流动模拟实验装置采集的数据和现场应用数据验证表明,与国际通用经典“气—液”两相流井控模型相比,压力预测精度提高至90%以上,攻克了井筒压力预测误差

这些观赏草新品种让冬奥更美

◎本报记者 马爱平 通讯员 彭楠

在延庆冬奥场馆、崇礼冬奥场馆周边、北京冬奥公园(石景山)和首钢园中随处可见一批我国自主选育的观赏草新品种——“纤序”芒、“长穗”狼尾草、“盈逸”知风草、“映霜红”帚状须芒草等,它们成为冬奥景观建设的一道亮丽的风景线。

近日,记者从北京市农林科学院草业花卉与景观生态研究所(以下简称草业花卉所)获悉,草业花卉所先后承担了“冬奥廊道沿线平原地带绿色管护技术研究”和“滑雪场道沿线抗寒、抗旱观赏草成苗壮苗与景观营造管护技术研发与集成示范”国家重点研发计划科技冬奥专项课题2项。

在国家重点研发计划的支持下,团队先后在张家口宣化、北京昌平、北京延庆建立了3个观赏草种苗繁育基地,总面积50余亩,筛选出适宜在冬奥廊道沿线和场馆周边种植的观赏草品种24个,生产容器苗10余万株,为冬奥会植物景观营造提供优质观赏草种苗;营建特色冬奥景观3万余平方米,显著提升了冬奥廊道沿线和冬奥

场馆周边的景观质量。

形成平原地带绿色管护技术

国家重点研发计划科技冬奥专项课题“冬奥廊道沿线平原地带绿色管护技术与示范”负责人、草业花卉所研究员武菊英介绍,课题对平原地带森林廊道优良草本植物材料评价筛选与规模化繁育技术、冬奥平原廊道沿线道路林植被景观优化及生态功能提升技术和彩色有机地表覆盖景观提升技术进行了系统研究与示范,共建设示范区2.3万平方米。

在京礼高速延庆服务处建设廊道景观提升示范区一处面积6000平方米的示范用地,项目团队种植了“纤序”芒、“映霜红”帚状须芒草、“韩国连川”短毛野青茅等10个自主观赏草品种,构建的林—草—覆盖物相结合的景观配置模式,显著提升了冬奥廊道沿线服务处段林地的景观质量;在京礼高速延庆付小路建立的林草复合示范区两处面积1.7万平方米的示范用地,形成的6种林草复合模式,提高了示范区的植被覆盖度,优化了林地植被结构,延长了植被绿期。

“通过集成研究形成冬奥廊道沿线平原地带



项目成果自2011年投入市场应用,已全面应用到了国内外多个深水油气田。项目成果的重要性不仅仅在于经济效益,更在于它的社会效益,它推动了我国深水钻探井控技术科技进步,大幅提高了油气钻探、开采的安全性,保障了我国深水油气的自主开发,服务国家能源安全战略。

孙宝江

中国石油大学(华东)石油工程学院教授

大导致井筒压力控制困难的理论难题;发明了“精确计算井筒压力—早期识别井底气侵—即时

处置井喷风险”主动井控新方法,实现了井控关键装备研发的源头创新。

为井控装备配上“眼睛”和“大脑”

如果说“超临界气—液—固(水合物)”三相流深水井控理论是井控装备的思想,那么孙宝江团队后期研发的非体积膨胀原理的井下气侵早期监测方法和多源信息融合的气侵早期监测装备就是井控装备的“眼睛”,深水井控安全设计与控制综合软件平台就是井控装备的“大脑”。团队通过井筒环控压力自动控制的“动态压井钻进”井控装备来实现“边钻边压”,解决了传统压井方法需停钻关井导致气侵处置不及时、井喷风险大的难题。

“简单说就是借助布设在钻柱等位置的传感器和综合录井信息,实时监测地层、井筒各类特征数据,通过专家系统对大量数据实时分析,及时掌控井底气侵情况,实现了‘侵入即发现’,避免大量气体升至海底防喷器以上才发现而容易导致的井涌井喷问题,为压井作业赢得了宝贵时间。”孙宝江说。

“该项目创建了‘超临界气—液—固’三相流深水油气钻探井理论模型,发明了深水动态压

井钻进关键井控技术装备,解决了深水开路、闭路钻进缺乏快速井控手段的难题,整体技术达到国际先进水平。”由院士及行业专家组成的鉴定委员会对项目给予高度评价。

孙宝江介绍,项目获授权发明专利35件,其中美国专利4件,软件著作权9件,井控企业标准3件,论文127篇,专著1部,省部级一等奖2项、创新团队奖1项。同时,还培养了一批井控专业领域中青年科技人才,为井控技术人才培养作出了贡献。

“项目成果自2011年投入市场应用,已全面应用到了国内外多个深水油气田。项目成果的重要性不仅仅在于经济效益,更在于它的社会效益,它推动了我国深水钻探井控技术科技进步,大幅提高了油气钻探、开采的安全性,保障了我国深水油气的自主开发,服务国家能源安全战略。”孙宝江表示,项目成果突破了南海深水油气开发的关键技术难题,推动了南海油气资源的开发,助力我国海洋钻井作业能力迈入超深水行列。

成果播报

这套名为“梦想”的国产装备 走红国内外30多个油田

◎本报记者 王延斌 通讯员 葛辉 王宁

11月的黄河三角洲已经入冬,但李进付的内心却充满着暖流。在中石化胜利石油工程有限公司(以下简称胜利石油工程公司)高端装备产业基地,他与同事们依然在钻机自动化装备产品线上忙碌着。回顾前10个月,忙碌是工作的主要节奏,因为国内外订单早早地从年头排到了年尾。

李进付的身份是胜利石油工程公司钻井工艺研究院石油机械研究所所长,也是胜利天工“DREAM(梦想)”自动化钻井装备项目带头人。截至目前,这一套源于国家863计划海洋项目、属于中国石油工程科研人的代表性装备已经走红10余个国家、地区的30多个油田。

“机器人”是“DREAM”自动化钻井装备项目展现给外界的一张亮丽名片。

烈日炎炎下,钻井工人用双手抬起沉重的钻杆,协助将钻杆吊上井架;刺骨寒风中,二层台的井架工在数十米高空上艰难地移动钻杆、钻铤……这些场景是钻井工人的工作日常,却透露出他们不为人知的艰辛一面。

对石油行业来说,采掘石油之前必须先经过钻井阶段。“石油钻井现场作业主要依靠人工操作,劳动强度大,工作环境恶劣,特别是在管柱输送、上卸扣、起下钻等作业环节,存在较大安全风险。”胜利石油工程公司钻井工艺研究院钻井机械首席专家蔡文军告诉科技日报记者,“破解一线难题,是我们科研攻关的初心。”

随着钻机自动化技术的发展,国外一些新型钻机、海洋钻井平台都配备了相应的钻机自动化装备,只需两个人在司钻房即可实现全自动“无人接管”作业,但由于价格昂贵,购买国外产品无异于任人宰割。

中国科研人向来有一身傲骨,他们决定研发制造比肩国际一流的钻机自动化装备,为国产石油装备迭代升级插上梦想的翅膀。但谁也没有想到,这一科研梦,一追就是10年。

管柱输送、上卸扣、起下钻,这些复杂繁重的环节,每一步都需要人工操作完成,这些成为“DREAM”团队的攻关重点。每一天,科研人员都在思索如何将钻杆运上十几米乃至数十米高的钻台,整齐存放、准确连接……

李进付向记者提到一件让他后怕的事:“在研制自动传送钻杆的动力猫道的一次现场试验中,往井架上传送钻杆的装置出现故障,钻杆与设备一下砸了下来,万幸的是由于试验前进行了风险分析,制定了应急预案,没有发生安全事故。”

10年间,胜利石油工程公司的科研工作者们持续攻关,相继研制了动力猫道、二层台排管装置、泥浆防溅盒、液压动力集成系统、司钻集成控制系统等自动化核心设备;通过合作研发,定制了适用现场集成配套的铁钻工,并优选了动力卡瓦、液压吊卡等井口自动化工具,形成了钻机管柱自动化集成配套技术。

目前,“DREAM”团队又对管柱自动化处理系统及关键设备进行改进完善,研制了基于一体化司钻椅的钻机集成控制系统,形成了胜利天工DREAM—II钻井管柱自动化操作系统,并成功进行了推广应用。

十年磨一剑,胜利石油工程公司最终用硬技术打破了国外技术垄断。前不久,这一项目通过了中国石化组织的技术与产品鉴定,业内专家认为该装备达到国际先进水平。

自研吊钩防转装置

助进口煤炭换装效率提升1倍

◎通讯员 黎思敏 黄旭 本报记者 李丽云

11月9日,满洲里站东吊货场内,安装了“吊钩防转装置”的龙门吊吊钩笔直地垂降下来,准确地扣在从俄方入境的煤炭列车车厢内的煤炭货物上,并再稳稳地将货物吊运到国内车辆上,单辆车的换装时间仅用时30分钟,相比之前效率提升了1倍。

“两块夹铁,几根螺栓,这几样不起眼的装置,让我也变成吊装高手了。”司机宿勇从龙门吊上走下来,笑着说。

满洲里站是我国最大的对俄陆路口岸站,入冬后,国内电煤、取暖用煤需求量增加,从俄罗斯进口的煤炭日均达90车,重量0.63万吨。从俄方进口的煤炭需要转装到国内车辆上,再运往全国各地,所以换装需要使用龙门吊等吊具,给煤炭换装的龙门吊司机,他们的工作效率直接决定着煤炭运输的效率。

随着煤炭运量的不断上涨,吊车司机人手短缺的问题凸显,很多木材吊车司机也转行来干煤炭吊运,虽然都是吊运,可一个吊钩,就干不了20年吊运工作的宿勇碰了钉子。

“现在龙门吊使用的吊钩可360度旋转,这在吊运木材、原木等货品时非常方便,但是煤炭车辆吊口小,吊钩在下降时旋转、摆动,找不好吊装位置和角度,有时候几分钟都对不上口,影响作业时间。”宿勇介绍说。

要提高吊车效率,就要在不破坏原有吊具基础上,能给吊钩加上一个固定装置,让它不转动,53岁的综合车间设备维修工长杨敬东决定试试。杨敬东平时主要制作铁栏栅、大门等物件,这个闭锁装置,对他来说是个挑战。

在网上查资料,到现场量尺寸,晚上画图纸,杨敬东和他的工友们用近半个月的时间研发出了第一代“吊车防转装置”,只是这次试验失败。“安装拆卸繁琐,消耗时间,而且不牢固,有安全隐患。”杨敬东看着吊钩又陷入了沉思。

在后续实验中,杨敬东找来2块钢条,制作了两块长20—30厘米的防锁锁片,使用螺栓固定,实现了设备的快速拆装。这套设备使用后,可以固定钩头角度,降低吊运难度,减少司机频繁调整锁具起升和作业的时间,在进行煤炭、矿粉等散堆装货物换装时,只需要30分钟即可完成,大大提升了作业效率。

随后,杨敬东一鼓作气,研发了5种不同类型的“吊钩防转装置”,并在全站推广,其中73套已投入使用。

特性构建了多种配置模式,形成了近自然草地景观,有效提升了崇礼太子城赛区滑雪赛道沿线冬季景观。

在冬奥延庆赛区滑雪赛道沿线示范区建立的一处面积3000平方米示范用地,团队种植了“映霜红”帚状须芒草、“卡尔”拂子茅、“小兔子”狼尾草等6个观赏草品种,形成列植、片植、林草结合等多种模式,显著提升了延庆赛区滑雪赛道沿线景观质量。

“课题集成示范滑雪场道沿线抗寒、抗旱的适生观赏草成苗壮苗与景观营造管护技术体系,显著提高观赏草种苗质量和建植成活率,降低养护成本,营造乔灌木相结合的植物景观,建成滑雪场道沿线抗寒、抗旱的适生观赏草成苗壮苗与景观营造管护技术示范区,为冬奥滑雪场道沿线生态景观提升提供了示范样板。”范希峰介绍说。

如今,草业花卉所自主选育的观赏草新品种在冬奥廊道沿线和冬奥场馆周边得到广泛应用,已经成为关键节点景观营造的主要植物材料,延庆冬奥场馆、崇礼冬奥场馆周边、北京冬奥公园(石景山)和首钢园中观赏草随处可见,成为冬奥景观建设的一道亮丽的风景线。