



这是中国石油长庆油田萨里格勒作业分公司的无人值守智能远程开关丛式井组(7月27日摄,无人机照片)。新华社记者 吕鹏飞摄

中国科学院院士高德利： 油气勘探开发离不开定向钻井技术

院士访谈

◎ 实习记者 骆香茹

10月下旬,第二十二届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会在山东威海举行。中国科学院院士高德利作了题为“超深钻采工程技术与装备创新发展”的主旨报告。此前,他在“科学与中国”20周年大会暨“千名院士·千场科普”行动启动仪式上作了题为“定向钻井与油气田高效绿色开发”的科普报告,介绍了油气钻采工程领域定向钻井技术及其在油气田高效绿色开发工程中的成功应用。在报告中,他表示:“能源很重要。可以说,当今社会如果没有能源,则几乎一切都要停摆。”

近日,科技日报记者专访了高德利,听他讲述科学家克服“人地无门”难题,巧用“定向钻进”的故事。

定向钻井技术助力油气高效绿色发展

记者:您在前不久的“千名院士·千场科普”首场报告会上作了关于定向钻井技术的科普报告。定向钻井技术是什么,有哪些特点?

高德利:所谓定向钻井,就是控制钻头按照设计轨道或地质导向破岩钻进,力求安全高效钻达地下的预定目标,是现代油气田高效绿色开发不可或缺的主体技术之一。

最初人们只能打简单的直井,后来随着钻井技术的发展,按照预定轨道钻进的定向钻井技术应运而生。通过定向钻井,可以基于同一个作业平台有效扩大油气田的开发控制半径及泄流面积。这既有利于提高油气田的综合开发效益及最终采收率,也有利于降本增效、保护环境、节约作业场地等。

实际上,定向钻井技术应用很广。除油气开采外,这一技术还在资源环境和工程建设中具有广泛的用途。比如城市建设中的非开挖工程就需要使用定向钻井技术,盾构机或掘进机在隧道工程中的作业也类似于定向钻井。

定向钻井具有实时测控难的技术特点。通过定向钻井形成的三维井眼轨迹深入地层之中,看不见、摸不着。地下工况往往很复杂,定向钻井不仅要在漆黑一团的地层环境中作业,而且还会在钻进过程中遇到不少阻碍。另外,定向钻井是在钻头破碎岩体的过程中控制钻进方向并形成三维井眼轨迹的,其控制难度很大。

定向钻井的另一个特点是通过随钻测量来确定其钻进方向。由于定向钻井需要在地层中定向钻进,因此相比于在地面和空中作业,定向钻井工程信息化难度要大得多。这背后的原因很简单——电磁波在地面和空中的传播效果都很好,而一旦进入地层就不行了,地层强大的传播阻力会使电磁波很快衰减成微弱信号。直到现在,这仍然是困扰随钻测量数据无线传输的重大瓶颈技术问题,也导致定向钻井在随钻测控方面遇到不少难以回避的困难。

记者:为什么一定要发展定向钻井技术,它在促进油气田高效绿色开发方面是怎样发挥作用的?

高德利:以往的直井控制的油气储层面积很小,够不着远处的油气。而使用定向钻井技术可以建设复杂结构与丛式井。其中,丛式水平井就像树丛一样,通过一个平台布设多口水平井。这样可使一个平台控制的地下储层面积更大,从而有利于降本增效、保护环境、节约作业场地等。

如果待开采的油气藏位于生态保护区域或其他特殊区域内,还可以采用大位移定向钻井技术,做到保护与开采两不误。例如,在滩海、湖泊、山区等复杂区域,可以发挥大位移定向钻井的独特作用,有效实现“水域油气陆地开采”、山区页岩气高

效绿色开发等目标。定向钻井技术还成功地应用于地热、盐矿、碱矿及其他相关矿产资源的高效绿色开发工程。

记者:当前国际定向钻井技术发展到了什么阶段,我国定向钻井技术在这一领域处于什么水平?

高德利:井眼轨迹控制作为定向钻井控制技术的核心内容,已经历了4次技术迭代与升级。

第一代定向控制技术利用一些特殊的工具和技术措施来控制井眼轨迹,主要方法是通过改变钻具组合或使用造斜器来改变工具轴线与井眼轴线的偏离程度。这种方式只能实现简单的定向控制,井斜方位控制能力不足。第二代定向控制技术以涡轮钻具、螺杆钻具、测斜仪等工具为代表。第三代定向控制技术是以随钻测量工具和井下带弯接头动力钻具或弯壳螺杆钻具为代表,定向钻井轨迹测量精度大幅度提高,并且实现了随钻定向控制。目前,第三代技术是定向井、水平井及丛式井定向钻井轨迹控制的主流技术。

第四代定向控制技术的典型代表是旋转导向钻井系统。这是一种可以在钻进时实时控制井眼轨迹的导向钻井系统,类似于航空航天领域的导弹制导系统,可以自动控制钻头,使其在地下油气储层中穿行。与常规定向控制技术相比,旋转导向钻井系统在轨迹控制精度、钻井时效、井身质量等方面具有明显优势,是现代定向钻井技术的发展方向。

国外也很重视这一技术,美国的斯伦贝谢、贝克休斯、哈里伯顿等著名技术服务公司的相关产品代表了这一技术领域的国际领先水平。我国在这一技术领域起步较晚,从20世纪80年代开始跟踪研究,在“十二五”期间取得了长足进步,目前国内多家单位已成功研制了旋转导向钻井系统。

当然,无论是国内还是国外,在提高定向钻井技术水平上仍存在一些问题,比如随钻测量仪器的测量精度、耐高温高压能力等技术指标仍需进一步提高。

21世纪能源科技应朝向绿色与智能

记者:促进油气资源高效绿色开发,您还关注到了哪些技术路径?这些路径有什么应用前景?

高德利:除了定向钻井技术,碳的捕集、利用与封存(CCCS)技术在石油行业也非常有发展前景。无论是人类排放的二氧化碳,还是开采油气过程中伴生的二氧化碳,都可以利用CCCST技术加以适当处理。

一方面,我国油气田里存在很多枯竭的油气藏,可以作为储存二氧化碳的空间。另一方面,将二氧化碳注入油气层中,可以起到驱油的作用,有利于提高油气采收率。另外,CCCST技术还可以用于捕集煤电厂等排放大户排放的二氧化碳,以尽可能避免造成大气污染。

记者:1997年,您曾主编出版《面向二十一世纪的能源科技》报告文集。26年过去了,您认为未来包括油气勘探开发在内的能源科技将呈现怎样的发展趋势?

高德利:我们在1997年的中国科协第21次“青年科学家论坛”上就已经提出,面向21世纪的能源科技需要绿色与智能发展,要将“健康、安全、环境”的目标作为重要内容加以认真考虑,也提出了研发地下钻掘机器人的设想。

我国目前还处于煤炭时代,煤炭在能源中的占比最高,达50%以上。从全世界范围看,天然气发展很快,可能会成为新“老大”。实际上,我希望我国能源发展能够直接跨入气态能源时代。气态能源包括常规和非常规天然气、地下煤制气、氢气等。其中,将煤炭在地下原位转化为低碳清洁的气态能源,可以有效减少二氧化碳排放。其主要原因是:一方面在于煤层气资源量大但目前产量仍比较低,未来具有较大的增长空间和发展潜力;另一方面



高德利院士 田晶娟绘

是通过煤炭地下气化,可以把煤渣等污染物留在地下,实现煤炭有效清洁利用。总之,我认为发展气态能源是我国能源绿色低碳转型的重大战略举措之一。

能源领域越来越需要协同创新

记者:一路走来,在成为科学家的道路上您面临过哪些挑战和机遇?

高德利:我们这一代比较特殊。1975年高中毕业后,我在农村过了3年,这期间当过兽医助理,在果园工作过,搞过建筑,后来还当了一年半的中学老师。1977年恢复高考,我们有了考大学的机会。那时候复习时间很少,幸好我当时是中学老师,有学习的有利条件,就考上了华东石油学院,也就是今天的中国石油大学。

那时候,“科学的春天”来了。1978年,介绍陈景润故事的《哥德巴赫猜想》发表了,全国科学大会也召开了。当时,我们大学生没有别的想法,都聚精会神地学习。在露天广场里看电影也忘不了学习。电影开始前,很多人在昏暗的灯光下学英语、解数学题等,争分夺秒地刻苦学习。当年,尽管住得很差,校园设施也很差,但师资还比较好,尤其是大家的学习劲头特别大。

我起初的志愿是基础类专业,被调剂到了华东石油学院的石油开发系工程专业。一开始,我觉得这不是我喜欢的专业。但我的性格是不管学什么,都不愿意示弱,所以学习很努力,成绩也挺好。大学毕业后,学校要留我当老师,但我周围好多同学都在备考研究生,对我触动很大。因此尽管当时剩下的备考时间不多,强烈的自尊心还是迫使我报考了研究生。我本来报的是本校,最后机缘巧合之下,到西南石油学院(现西南石油大学)的力学教研室学了喜欢的数理类专业。

1984年9月我通过了硕士学位论文答辩,10月离开西南石油学院。因为我是在

人物档案

高德利,中国科学院院士,油气钻探与开采专家。现任中国石油大学(北京)石油与天然气工程国家重点学科负责人、石油工程教育部重点实验室主任、校学术委员会主任等。长期从事油气工程领域的教学与科研工作,在复杂油气井工程方面取得了重要研究成果。研究成果在陆上和海上油气田有显著应用实效。

有充足阳光的华北平原长大的,难以适应四川的气候,所以我回到华东石油学院开发系任教,并在1987年考取该校刘希圣教授的博士研究生,成为本校油气工程学科首批2名博士生之一。1990年,我被录取为清华大学工程力学系博士后,1992年完成博士后研究并被晋升为清华大学固体力学副教授,之后又入职石油大学(北京),也就是今天的中国石油大学(北京)。从此,我好像“掉到井眼里再也出不来了”。我专心致志地从事油气工程领域的教学和科研工作,并积极带领本学科创优争先,使其成为国家“双一流”重点学科,从而备受国内外关注。

记者:油气勘探开发的新趋势给人才培养提出了哪些新要求?

高德利:在“双碳”目标下,油气勘探开发的新趋势给人才培养提出了更高的要求。从人类“人地、下海”的高度来看,将来油气勘探的范围和难度都会增大,对专业人才的要求也会越来越高。

从事油气工程这一行,首先肯定要在钻探、开采、储运等方面具备扎实的基础知识。此外,这些专业人才还需要具有多学科交叉背景。过去,煤炭、石油、天然气、冶金等领域往往各自“画个圈”谋发展,以后越来越需要跨行业交叉融合,共谋发展,以达到互利共赢的目标。面对绿色低碳发展的趋势,能源领域越来越需要协同创新。比如,可以将油气领域的相关技术应用到煤炭领域,将一两千米以下的煤炭转化成煤制气、煤制油甚至煤发电进行开发利用,以确保绿色与安全高效生产。同时,建立“地下井工厂”也需要定向钻井等钻采技术作为必要支撑。

总之,新趋势下,我们需要更有能力的有志青年来参与油气勘探开发。当前,油气领域发生了很多变化。现在,我们必须改变思路,越是这种艰苦但又不可或缺的行业,越需要有志青年来推动发展,需要高水平人才和科技创新的支撑。来这个领域学习、成才、工作、贡献,实际上是很意思的人生之旅。

致青年科技人才

要成为一名科学家,必须从小养成良好的学习和生活习惯。要持之以恒、专心致志、锲而不舍,有“钉钉子精神”,不能“三天打鱼,两天晒网”。

人的精力是有限的,要长期沿着一个你感兴趣的专业领域与研究方向努力钻研。大学阶段用来打基础,研究生阶段就可以选择一个具体的研究方向了。还要能够坚持下去,如果“一会儿做这个,一会儿又做那个”,很难做出原创性的、国际领先的学术成果。同时,良好的生活习惯有利于健康、学习和工作。

当然,科学技术创新有时候不能仅靠单枪匹马,还需要团队协作。尤其是对应用科学创新、从事技术发明的研究人员来说,团队精神越来越重要。实际上,很多技术都具有学科交叉特点,而非单一学科的科学问题。一个人总是有短板的,再厉害的科学家也有短板,只有通过团队进行强强合作,才能够把短板补上。如果不注重协同创新,不能形成一个配置合理的科研团队,个人的短板就很难补齐,最终也会影响所追求目标的顺利实现。

——高德利

热点追踪

全球医学界应紧密合作 预防大流行再次出现

◎ 本报记者 操秀英

“大概10年前我们就关注到,中国研究者在《柳叶刀》系列期刊上发表的论文数量大幅提高,最近几年,中国论文的质量也显著提升。”在近日举行的第九届“柳叶刀—中国医学科学院医学与健康大会”上,《柳叶刀》主编理查德·霍顿在接受媒体采访时不吝对中国医学研究进步的肯定。

“中国研究者关注的内容开始由基础医学研究向临床实践、人群健康、公共卫生等方向转变,这是一个非常受欢迎的变化。”理查德认为,中国的医学科学研究正在繁荣发展,将在国际上产生更大影响。

正因对中国发展充满信心,作为一家拥有200年历史的世界医学权威期刊,《柳叶刀》多年来与中国研究机构和学者保持着良好的合作关系。例如,《柳叶刀》与中国医学科学院连续9年举办“柳叶刀—中国医学科学院医学与健康大会”;与清华大学合作于2018年发布宫鹏教授领衔的“柳叶刀—清华大学重大报告《健康城市:释放城市力量,共筑健康中国》”;由中国工程院院士乔杰担任共同主席的《柳叶刀中国女性生殖、孕产妇、新生儿、儿童和青少年健康重大报告》在2021年发布;与北京大学合作,于2022年发布了赵耀辉教授领衔的《北京大学—柳叶刀重大报告:中国健康老龄化之路》。此外,双方在精神健康、生态文明、非传染性疾病、肝癌、扶贫与健康等方面正开展卓有成效的合作。

“COVID-19(新冠病毒)流行期间,《柳叶刀》旗下期刊发表了很多来自中国的关于COVID-19的文章,我们和中国医学界建立了更紧密的联系。”理查德说,这为未来双方更好地合作奠定了基础。

他进一步谈到,COVID-19大流行带来的一个重要启示是全球医学界要更紧密地合作。“合作是我们预防大流行再次出现的唯一方法。只有合作才能让可靠的信息在国家和科学家之间流动,我们才能在流行发生的早期尽快将它遏制住。”

理查德说,中国研究人员有参与全球科学对话的强烈愿望,他们在医学、健康、公共卫生和群医学的国际合作中都发挥了重要作用。“陈冯富珍博士是世界卫生组织第一位华人总干事,我希望看到更多来自中国的同道担任世界卫生组织或一些国际组织的重要职务,更多中国的医生、卫生工作者和科学家在国际舞台绽放异彩。”

“我们要意识到中国作为世界知识源泉和友谊源泉的重要性。我认为这个理念尚未传达出去,所以我很快会再来中国,和我的同事们一起为此努力。”理查德真诚表示。

理查德同时表示,《柳叶刀》一直致力于弥合科学与社会以及科学与政策之间的鸿沟。“我们需要找到更好的方法,将优秀的科研成果与政策制定者和决策者联系起来,为未来的医疗改革提供坚实的基础,以应对即将到来的挑战。”

谈及“论文工厂”问题,理查德表达了对不实信息和论文造假的担忧。《自然》官网此前发表的一篇报道援引一份尚未正式发表的研究结果称,过去20年,有40多万篇研究论文与论文工厂产出的文章有很强的文本相似性;仅在2022年,就有7万篇这样的文章发表。该分析估计,在2022年发表的所有论文中,1.5%—2%的论文可能是论文工厂的文章;在生物和医学论文中,这一比例达到3%。

理查德说,作为一名编辑,他深刻感受到不实信息是政府和公众面临一些复杂挑战要做出高质量决策时的最大威胁。在COVID-19大流行期间,不实信息就是一个严重的问题,会引起人们观点的分裂。“论文工厂是一个全球性的问题,不只出现在中国,希望大家严肃关注这个问题,关闭这些论文工厂,降低风险。”理查德说,《柳叶刀》也会尽可能果断、积极打击不实信息的来源。

加快材料与信息技术交叉融合

打造关键材料原创技术策源地

◎ 本报记者 刘垠

“当前我国光电材料产业蓬勃发展,2022年我国新型显示产业产值超过4900亿元,占全球的36%。光伏行业总产值突破1.4万亿元,跻身万亿赛道。”11月25日,中国建材集团党委书记、董事长周育先在中国第四届中国光电材料大会上指出,光电材料是中国建材集团战略性新兴产业集群的重要组成部分。

当前全球重大前沿技术和颠覆性技术快速突破,光电材料作为信息革命和能源革命的关键基础,已成为世界各国战略竞争的焦点。本次大会以“创新材料 赋能未来”为主题,同期还举行了中国玻璃揭幕仪式。

中国工程院院士、中国建材集团首席科学家、中建材玻璃新材料研究院院长彭寿指出,面向科技前沿,要加快材料技术与信息技术、制造技术、能源技术的交叉融合、深度渗透,全力打造关键材料原创技术策源地;面向未来产业,要培育抢占新型显示、先进能源、未来电子等光电材料产业制高点,实现落地一个材料、培育一个产业、带动一个集群;面向全球合作,要积极对接国际创新链、产业链、数字链、生态链,打造共建、共享、共赢的命运共同体,为全球光电材料产业发展贡献中国力量。

围绕我国光电材料加快实现高质量发展,院士专家们展开广泛讨论。欧洲科学院院士、法国科学院院士、圣戈班全球首席科学家伊维斯·布莱特特表示,实现可持续发展对光电材料的需求越来越大,尤其需要围绕解决能源危机、发展数字经济、做好资源节约等方面,进行科技创新、高端替代、回收利用。

中国科学院院士欧阳钟灿在视频致辞中谈到,随着AI+物联网技术的不断成熟,光电产业作为信息与能量的关键载体,未来将无处不在、无所不能。他强调,要深刻认识光电材料的战略支撑作用,牢牢把握创新领域、创新方式和创新范式的变革机遇,坚持前沿颠覆创新、源头技术创新、开放协同创新,以实际行动为中国式现代化发展贡献材料力量。

新材料的发展引领社会进步、技术革命和产业革命。国家自然科学基金委员会党组成员、中国硅酸盐学会理事长高端平则分享了新材料研究的发展趋势:一是交叉融合持续深入,多学科交叉、多技术融合成为材料科学发展的必然路径;二是科学研究范式不断变革,新的范式可能具有更为广泛的应用和发展前景,也可能解决一些以前无法解决的问题与挑战;三是发展方向更加多元,复合化、功能化、集成化、智能化等为材料发展提供了广阔空间。