

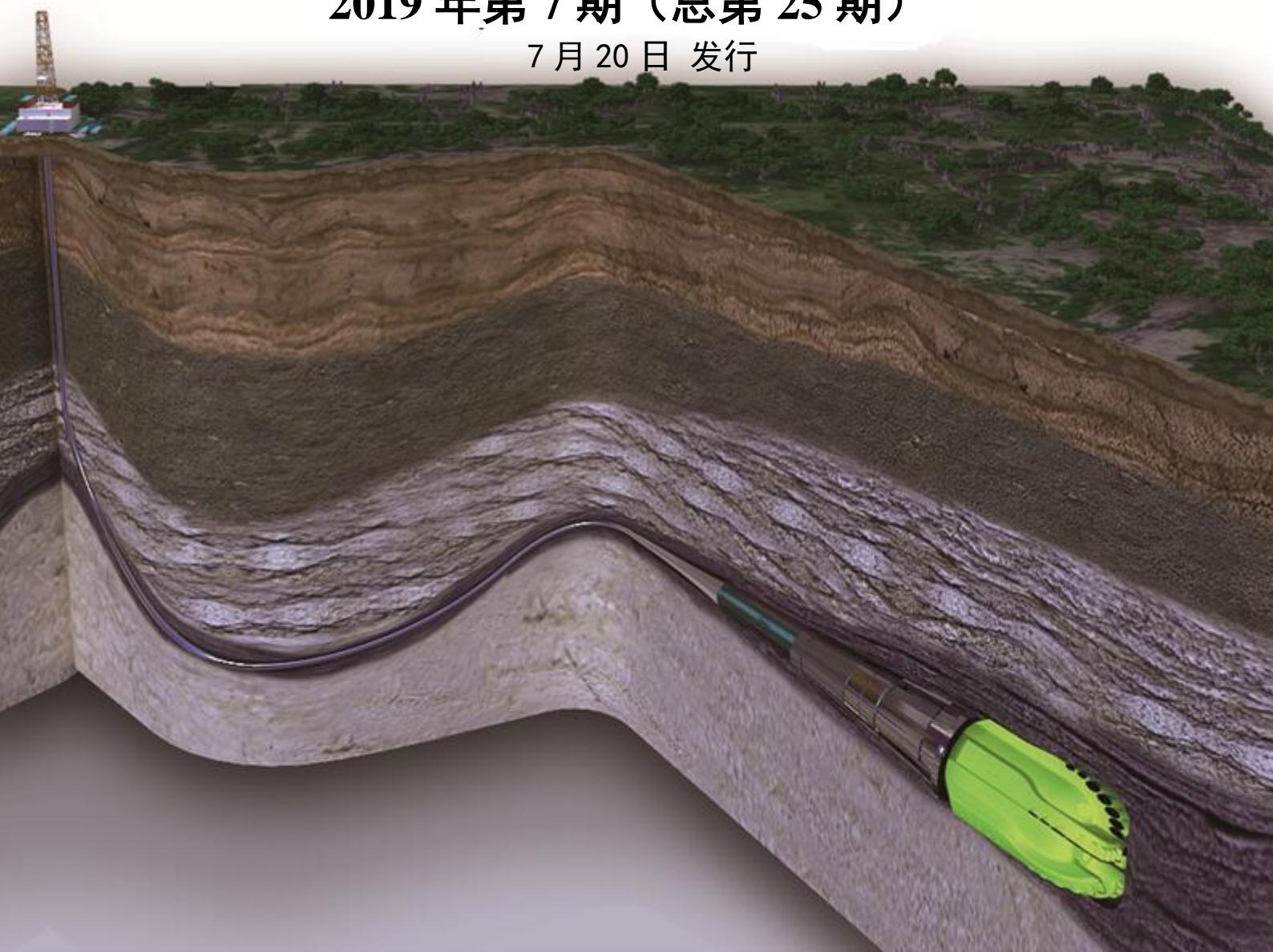
中国科学院A类战略性先导科技专项

智能导钻快报

INTELLIGENT DRILLING EXPRESS

2019年第7期（总第25期）

7月20日发行



主 办：中国科学院智能导钻先导专项项目组
承 办：中国科学院武汉文献情报中心

目 录

政策规划

美国众议院委员会提交禁止各地海上钻探的法案.....	1
美科罗拉多州博尔德暂停批准油气钻探许可证.....	2
爱尔兰内阁没有通过海上钻井禁令	3

专家评论

美国 E&P 公司认为钻具创新将提高钻速.....	3
雪佛龙赫斯休斯顿可远程控制巴肯页岩的定向钻井作业..	6
美国能源信息研究署：水平钻井主导美国致密层生产....	7

前沿研究

斯伦贝谢等公司采用新的反演方法进行地质导向.....	7
斯伦贝谢提出一项降低低斜度井钻井风险的成熟技术....	8
哈里伯顿利用机器学习改进地质导向和地质测绘能力....	9
哈里伯顿测试新尺寸的超声随钻技术	10
CGG 公司提出用于 MWD 调查的磁性参照系统.....	11
德克萨斯大学奥斯汀分校等研究优化地层测试的方法 ..	11
贝克休斯低压冲击钻井液可降低狭窄压力窗钻探风险...	12

装备研制

Varel 公司发布新型定向 PDC 钻头.....	12
----------------------------	----

西澳大利亚大学等研发出一种岩石低场核磁共振和超声耦合测量的新仪器	14
NOV 的新型钻具可解决中大陆燧石层钻孔难题	15
NOV 开发模块化泥浆振动筛改进了振动筛性能和可靠性	15
斯伦贝谢公司使用 EMLA 提高钻井测量作业的前瞻性 ..	16
新型 LWD 高分辨率超声成像工具能优化井筒稳定性参数	17
Well-SENSE 推出微型光学测量仪	17
中石化钻井导向技术获国家科学技术进步奖	18
中国石化工程院高端随钻成像技术取得新进展	19
专利信息	
美国 XR LATERAL 公司公开钻具组合钻柱上的装置 ..	19
澳大利亚公开旋转导向钻孔系统	20
美国 Gyrodata 公司公开井眼轨迹方向控制方法	20
美国 HRL 实验室公开钻井设备的井下仪器包	21
美国哈利伯顿公开一种获取井下加速度相关数据的方法.	21
产业动态	
斯伦贝谢提供新的实时数据随钻测量服务	22
TGS、PGS、贝恩地球物理合作建立地壳研究中心	22
BHGE 和 C3.ai 宣布建立油气行业 AI 解决方案的合资企业	23

南非将制定新的油气政策来促进增长	23
Gazprom Neft 与官方合作在油区建立技术中心.....	24
我国首台 5000 米多功能新型钻机下线	24
中曼石油获伊拉克油田钻井合同	25
中国石油集团着力推动勘探开发向高质量发展.....	25

研究快讯

本期概要：

政策规划上，美国两党合作向众议院提交关于全美范围内禁止开采近海石油的议案，但是本月，爱尔兰内阁否决了一项海上钻井的禁令。美国科罗拉多博尔德市暂停批准油气钻探许可证。

专家评论方面，E&P 副主管展示了页岩气钻探技术，认为创新钻具增加了钻井速度。相关专家针对雪佛龙公司在巴肯页岩启动的钻井作业远程控制系统进行了评论。美国能源署认为美国水平井主导致密油气开发。

前沿研究方面，斯伦贝谢推出高分辨率深电阻率反演方法推进河道砂层的地质导向，还发布电磁前瞻工具（EMLA）实现降低低斜度井的钻井风险。哈利伯顿研究利用机器学习的方法提高地质导向的能力，还推出一项新尺寸的超声随钻技术。CGG 推出 MagCube 现场参考模型，用于定向钻井中 MWD 的磁性参数确定。

装备研制方面，Varel 公司发布新型定向 PDC 钻头“MARKSMAN”。西澳大利亚大学研发了一款用核磁和超声测量的仪器。国民油井华高（NOV）公司日前推出用于高燧石含量地层的钻具，还研发出一款用于改进振动筛性能和可靠性的泥浆振动筛。

专利方面，XR LATERAL 公司公开了用于组合钻具上钻柱的装置。澳大利亚公开了一项有关旋转导向钻孔系统的专利。Gyrodata 公司公开了井眼轨迹方向控制的一种方法。

产业方面，斯伦贝谢重点推出 IriSphere 随钻测量服务，采用最新的电磁前瞻技术。TGS、PGS 与贝恩地球物理在合作建立地壳研究中心。BHGE 和 C3.ai 宣布合资建立一家专为油气行业提供人工智能解决方案的公司。

政策规划

美国众议院委员会提交禁止各地海上钻探的法案¹

6月19日，美国国会众议院自然资源委员会(House Natural Resources

¹ 原文标题：House committee forwards bills to bar offshore drilling across US

网址：<https://thehill.com/policy/energy-environment/449411-house-committee-forwards-offshore-drilling-ban-near-florida-eyes>

Committee)周三召开的会议上，议员们初步批准了两党联合采取的，关于禁止在全美范围内开采近海石油的措施。法案将禁止在大西洋和太平洋沿岸以及佛罗里达海岸线附近的墨西哥湾东部进行钻探。

众议员 Joe Cunningham 表示：石油和天然气勘探可能带来的有限经济效益比不上清洁海滩的可持续经济效益。

特朗普政府推行了一项能源主导战略，其中包括进一步开展海上钻探，但内政部部长 David Bernhardt 尚未公布能源部的五年海上钻探计划，理由是围绕阿拉斯加一桩阻碍开发的案件有待调查。

自然资源保护委员会(Natural Resources Defense Council)、Oceana 和 Sierra 俱乐部等在内的环保团体联盟对新禁令表示赞赏。这些组织在一份联合声明中表示：海上石油和天然气钻探威胁着我们国家的沿海社区、海洋、国家公园、海洋生物和气候，这些措施（颁布禁令）是阻止海上油气钻探扩张的关键一步。不能仅仅为了满足石油和天然气行业的需求，就冒着石油泄漏这种灾难性事故发生的风险。

尽管该法案具有两党合作的性质，但许多共和党委员会成员对禁止近海钻探表达了保留意见。（郑启斌 编译）

美科罗拉多州博尔德暂停批准油气钻探许可证

6 月 28 日，美国科罗拉多州博尔德 (Boulder) 县宣布停止接受新的石油和天然气钻探和地震测试许可，为期 9 个月，这是该州最新出台措施限制油气生产的地区²。

根据美国能源信息管理局 (EIA) 的数据，科罗拉多州是第五大产油州。今年，科罗拉多州立法者通过了参议院 19-181 号法案，对该州的石油和天然气行业进行了严格的监管。

根据科罗拉多州石油和天然气保护委员会 (COGCC) 的数据，博尔德县去年仅生产了约 86000 桶石油。相比之下，丹佛北部的主要钻井区维尔德县 (Weld County) 去年生产了 1.57 亿桶石油。

据 COGCC 称，石油生产商 Crestone Peak Resources 公司正在科罗拉多州博尔德县申请钻井许可证。（邓阿妹 编译）

² 原文标题：Colorado County Sets Moratorium On New Oil, Gas Drilling Permits

来源：<https://www.hartenergy.com/news/colorado-county-sets-moratorium-new-oil-gas-drilling-permits-181067>

爱尔兰内阁没有通过海上钻井禁令³

7月5日消息。日前爱尔兰内阁禁止了一项法令，这项法令是对爱尔兰海岸做进一步的天然气勘探，这一举动得到了能源行业的赞扬和环保组织的谴责。

内阁是根据该法案对政府的财务潜在影响做出这一决定，包括特许权使用费的损失和确定现有钻井许可证持有人的诉讼可能性。对于影响公共财政问题，内阁有权阻止爱尔兰议会的立法。印度石油公司曾2次以多数票通过反钻探立法。

该法案的主要起草人指责政府“绿色清洗”了该法案。而爱尔兰离岸作业协会表示：该勘探禁令将使爱尔兰在脱欧后的选择减少，更容易受到海外供应中断的影响。目前，爱尔兰从两个近海油田生产约60%的天然气，但预计这些天然气资源在未来十年将下降。（魏凤 编译）

专家评论

美国 E&P 公司认为钻具创新将提高钻速

7月1日，E&P 副主管 Ariana Hurtado 对用于页岩钻探的新产品和服务的示例，展示了页岩技术正在发展以满足非常规钻井日益增长的需求，具体信息如下⁴。

井下马达钻孔曲线和横向一次运行

页岩运营商正在寻求降低运营成本并更快地钻井，以跟上非常规井的急剧下降曲线。GE 公司 (BHGE) 的 Navi-Drill DuraMax 高性能井下电机经过重新设计，可提供更大的马力、扭矩和耐用性，可在一次运行中进行曲线和横向钻探。通过在一天内横向钻探 953 米 (3,127 英尺)，BHGE 使整体 ROP 提高了 30%，为操作员节省了 3 天的钻井时间。

延长线绳和电缆的使用寿命

Cortec 的新型生物基可生物降解 EcoLine 钢丝绳润滑脂适用于各种油气应用，可保护钢丝绳免受腐蚀和极压磨损。与传统的石油润滑脂相比，更高的闪点和可生物降解的配方可提高安全性并降低对环境的影响。

使用新 RSS 降低风险并保持在最佳状态更长时间

3 原文标题: Irish Cabinet Blocks Offshore Drilling Ban

网址: <https://www.maritime-executive.com/article/irish-cabinet-blocks-offshore-drilling-ban>

4 原文标题: Shale Technology Showcase: Innovative Drilling Tools Increase ROP

网址: <https://www.hartenergy.com/exclusives/shale-technology-showcase-innovative-drilling-tools-increase-rop-180998>

D-Tech 的旋转导向系统 (RSS) 长 3.6 米 (12 英尺)，是市场上最短、最精简的系统。为了帮助降低风险并在最佳位置停留更长时间，同时可靠地钻出复杂的井型，RSS 的设计仅包含 10 个移动部件，并采用了高精度的三轴近钻头方向组件。系统到达预先配置的井场，最大限度地减少操作错误并提高井下性能。为了进一步提高性能并避免非生产时间，当工具下井时，可提供现场 D-Tech 技术人员和全天候远程支持。

新型可降解堵漏材料

在钻井和固井作业期间，漏井不仅会对生产运行时间产生负面影响，而且由于钻井液的流入而对储层造成损害，并可能影响生产率。新开发的基于聚乳酸的可降解 LCM (CemVert +)，可以有效地在不同温度下堵塞各种裂缝宽度，同时保持固化损失的稳定性，然后随着时间的推移而降低，以减轻储层损害并改善水泥胶结。

机器人管道系统提高了安全性和可预测性

Stinger 是一种机器人管道处理系统，可响应非常规钻井中的特定井施工操作要求。它允许用户在钻井时离线建立和支撑钻杆、钻铤和套管。它的配置通过将工作人员从火线中取出并在预先建立的路径中携带管道，在钻台上的支臂，支撑件的辅助下，增强了安全性和可预测性。Stinger 与 Striker-800 钻机相结合，是一款高效创新的钻机套件。

ELECTRIC TONG 提供增强的扭矩控制

随着钻井平台向自动化方向发展，未来的需求将需要精确的控制和操作能力。弗兰克国际公司发布了其最新一代的钳系统。该公司的带有 Integral Backup 的 Electric Tong 将先前的钳子可靠性和坚固性与新电动机系统的精度相结合。精确的扭矩控制有助于保持井的完整性，由于不必在达到预期寿命之前对井进行返工，从而节省了公司的时间和金钱，同时通过消除对动力装置的需求来减少可能的环境影响。

MPD 系统旨在提供更高的效率

Halliburton 发布了 Flex 管理压力钻井 (MPD) 系统，这是一种可扩展的移动技术，可配置为解决特定的操作挑战并提供更高的钻机效率。分层系统允许运营商选择合适的服务级别，以帮助最大化 MPD 服务的成本/收益。Flex Pro MPD 结合了钻机数据，可实现更智能的自动响应，以根据流速和钻头深度调整背压。该系统可作为完整的 MPD 解决方案运行，使用实时水力模型来控制井下压力。

适用于危险环境的井口贯穿件

Uni-Lok 井口贯穿件系统的设计是危险环境的理想选择。在危险环境中，安全性、可靠性和耐久性至关重要。这套高度工程化、价格合理的系统适用于 149

C (300 F) 和 5000 psi 的井口，为任何地面电缆提供真正的压力块和改造，提供高效的潜油电泵动力通过。与其他系统不同，Uni-Lok 在油管悬挂器内提供了一个完全经过验证的压力块，确保有害气体留在井下。可连接式贯穿件易于安装，并消除了安装 1.75 英寸小密封孔的额外步骤。为了承受恶劣环境并确保最佳安全，Uni-Lok 经过了彻底的测试，并在危险环境中获得了安装认证。

新西德州移动服务部

为解决德州偏远地区陆地钻机服务短缺问题，Logan Industries 发布了一款移动服务卡车，配备了所有必需的工具和备件，用于最常见的液压故障排除和轻型维修工作，包括过滤元件、插装阀、现场流体过滤和可穿戴设备项目。移动服务部门由三名机组人员随时轮流与位于德克萨斯州亨普斯特德的服务经理进行轮流管理。这项新服务使 Logan 能够为西德克萨斯州的客户提供更快的现场和随叫随到的服务和支持。计划在明年内扩展到泥浆泵流体终端服务和升级，以及顶级驱动器服务和支持。

乳化液允许操作者钻取有问题的底层

Newpark 流体系统的 Navigate 是一种盐水包油直接乳化液流体系统，其密度低于传统的水基流体，允许操作人员钻取蒸发序列，保持井眼完整性，降低水平井或钻井区域中的流体密度。当使用饱和氯化钠盐水时，流体系统能够避免盐区中的冲洗，保持较低密度的流体，减少井漏事件。当使用 Ntegral 产品配制时，Navigate 是一种不含粘土、低固含量、不分散的直接乳液体系。这些聚合物可用于广泛的水基流体。它们提供剪切稀化流变特性，确保岩屑悬浮。此外，它们还提供非常薄的滤饼，降低扭矩和阻力，并提高套管下入时间，以获得卓越的钻井效率。

减少软塑料地层的成本钻探

斯伦贝谢公司的 HyperBlade 双曲线钻石元件钻头通过改进 ROP 来降低钻井成本，同时保持软岩和塑性岩层中的转向响应和方向跟踪。新技术融合了超双曲面金刚石切割元件的独特几何形状，与传统的 PDC 切割机相比，在岩石中的切割深度高达 20%。与使用传统 PDC 钻头的偏移运行相比，新钻头的性能提高了 62%

集成传感器提供全面的测量

科学钻探公司的 BitSub 是一种简短的集成传感器，可提供钻头、实时、连续倾斜、方位角伽马射线和钻孔动力学测量。BitSub 传感器的钻头方位伽马射线和倾角信息提供了对井筒的地层位置和方向趋势的即时反馈。横向和轴向振动测量和钻头转速提高了钻井性能，并对低效或潜在破坏性的钻井条件发出警告。位于钻头和泥浆马达之间的始终旋转传感器可在旋转和滑动钻孔模式下提供全方

位的测量。电池供电的子系统使用短跳电磁遥测技术与电机上方的 MWD 工具进行通信，并提供返回地面的测量结果。

防止内部任何泄漏路径

Deadbolt 阀门系统是 TAM International 的套管环空封隔器 (CAP) 中增加的安全措施，用于防止套管内的任何泄漏路径。Deadbolt 为操作人员提供了一种在不危及套管完整性的情况下运行充气盖的方法。在全球范围内，当操作人员遇到弱循环区或漏循环区时，可使用充气帽来支撑水泥的静液重量。作为套管设计方案的一部分，这些管帽位于井漏区的正上方，井漏区通常会出现冲刷和不规则的井眼尺寸。由于这些极端条件，充气帽有时会超出封隔器的能力。如果一口井出现井漏，这可能会造成从内到外的流动路径，从而影响套管的完整性。Deadbolt 阀门是一个完整的故障保护系统，可以关闭这条流路。

自动栓接工具需要最少的部署工作量

抗粘滑工具 (AST) 采用一种简单的算法来优化岩石切削界面。泥浆马达下方的位置使 AST 的响应时间小于 100 秒。这比任何曲面控制都要好得多。自 2018 年以来，AST 还可用于组合曲线和横向钻井。利用 AST，通过瞬间减小钻头重量来降低扭矩并使刀具在最小轴向激励下保持啮合，保证了有效切割并减少了磨损钻头。数学模型表明，这一原则将增加约 50% 的 ROP 和两倍的进尺。

井控事件井队培训组

钻井队是井控事件的第一道防线。操作人员和钻井承包商已使用 Wild 井控公司的移动机组人员培训单元来提高其钻井机组人员的知识、理解和井控意识。Wild Well 的现场培训使各个团队成员了解如何在现场钻井作业期间保持井涌的控制。移动式钻机现场装置是一种创新的方法，用于教育钻机人员井涌指示标志、高压情况下的关键决策技能、适当的钻井技术和正确的关井程序。一个自信的、准备充分的工作人员可以更容易地处理井控问题，在潜在问题发生之前就认识到它们，并迅速作出反应，以安全地保持对井的控制。（丰米宁 编译）

雪佛龙赫斯休斯顿可远程控制巴肯页岩的定向钻井作业⁵

7 月 3 日，石油技术杂志《Journal of Petroleum Technology》刊物发表评论文章，对雪佛龙公司启动钻井作业远程控制操作进行评论。早在 2017 年，雪佛龙赫斯公司就启动了实时操作中心，将其大部分定向钻井控制功能从北达科他州的巴肯页岩转移到位于休斯顿的远程操作中心。该公司采用了一个自动化的定向软件指导系统，可以操作 6 个钻井平台，并改进电动滑移钻井。现在，赫斯在其操

⁵ 原文标题：Directional Drilling Becomes Office Work at Chevron, Hess
网址：<https://spe.org/en/jpt/jpt-article-detail/?art=5675>

作中心配备了两个定向钻机系统，每个钻机系统负责 12 小时的操作，每个钻机系统覆盖三台钻机，专门负责故障排除和曲线钻井。

雪佛龙钻井工程师 Kelsey Prestidge 表示：通过钻井平台操作系统的控制，可以让多个钻井平台共享数据，同时促进定向钻井和地质导向器之间的合作。

壳牌公司认为：壳牌陆上实时操作系统，主要专注地质导向技术，并尝试采用机器学习实现地质导向的自动化，期望通过整合电磁学和地震技术，在自动化的基础上，绘制地下钻井区域预测图。那么，集成定向钻井和地质导向这两个功能的软件在未来将是一个巨大的挑战。（魏凤 编译）

美国能源信息研究署：水平钻井主导美国致密层生产

2019 年 6 月 6 日消息。美国能源信息研究署发布信息：美国水平井在致密油和页岩气开采中占比持续上升。2004 年，水平井约占美国致密油产区的 15%，占美国页岩气产区的 14%。到 2018 年底，这一占比已分别提升至 96% 和 97%⁶。

尽管自 2008 年和 2010 年以来，水平井一直是美国页岩气和致密油的主要生产方式，但直到 2017 年，水平井的数量才超过了这些区块的直井数量。

水平井因有平行的地质层，所以比垂直井能开采更多的油气。这种增加的暴露面积允许额外的水力压裂，具有更大的水量和支撑剂磅数（小的固体颗粒，通常是沙子或类似大小的人造颗粒固体）。水平井横向长度的增加提高了单井中油气储层的暴露面积。致密地层的渗透率非常低，油气难以向井筒运移，因此，利用水力压裂技术提高渗透率，同时进行水平钻井，对于致密油气层的经济开发油气十分重要。（容洁 编译）

前沿研究

斯伦贝谢等公司采用新的反演方法进行地质导向

7 月，斯伦贝谢公司和英国石油公司的研究人员联合在《Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts》上发表了题为《复杂河道砂层地质导向：一种新的高分辨率深电阻率反演方法的成功应用》（Geosteering in Complex Channel Sands: Successful Use of a New High Definition Inversion of Deep Resistivity

⁶ 原文题目：EIA: Horizontally drilled wells dominate U.S. tight formation production
网址：<https://www.worldoil.com/news/2019/6/6/eia-horizontally-drilled-wells-dominate-us-tight-formation-production>

Measurements) 的文章⁷。

研究人员在 Schiehallion 油田的浊积河道砂上钻取了一口井。水平井由东向西钻取，以连接地震图显示的储层包络线内的多个河道要素。该井存在的挑战有很多，包括砂层分布和储层内部几何结构的不确定性，以及储层可能被略过的风险。为了减少不确定性，降低风险，选择了 RMWD（随钻储层成图）工具绘制储层砂体的位置和范围。

Schiehallion 油井资料表明，河道砂层具有明显的各向异性。为了更好地处理各向异性砂层所带来的复杂情况，采用了一种创新的、确定性的参数化高清晰度反演 (DPI-HD) 方法。这一新方法是在对钻前研究进行评估后选择的，评估结果表明，DPI-HD 处理可以提供砂层内多个薄层的分辨率，同时还可以绘制通道的整体范围。

DPI-HD 实时处理表明，在钻取储层段时遇到的河道杂岩最大垂直长度约为 40 米，这一信息与通道几何和内部结构信息相结合，能对轨迹进行明确调整，从而优化油井在砂层中的位置。此外，当在砂体之间钻孔时，RMWD 工具确认井筒周围没有遗漏的明显砂包，这为在最佳 TVD 位置钻取轨迹提供了信心。这就不需要调整轨迹来寻找砂体，这意味着可以钻取简单平滑的轨迹，并避免不必要的钻孔弯曲。同时，对砂体内部河道要素的绘制使得人们对砂体的性质和几何结构有了更深入的了解。

该井的成功应用表明，采用一种新的确定性参数深电阻率反演方法是有效的。有关河道砂的范围和几何形状的信息，以及对其内部结构的识别，减少了不确定性，提高了对油藏的认识。（高国庆 编译）

斯伦贝谢提出一项降低低斜度井钻井风险的成熟技术

斯伦贝谢 (Schlumberger) 公司的研究人员在《One Petro》上发表了《实时 EM 展望：一项降低低斜度井钻井风险的成熟技术》(Real-Time EM Look-Ahead: A Maturing Technology to Decrease Drilling Risk in Low Inclination Wells) 的研究论文⁸。

垂直井的勘探与评价一直面临着钻井风险和地质不确定性等诸多挑战。有效定位区域或储层上方的套管柱，优化腐蚀位置，在潜在高压或贫化区域之前进行停止活动，避免潜在的冲击、泥浆损失或卡管等风险。

⁷ Wilding-Steele, J., Maguire, A., Perna, F., Bisain, A., Salazar, M. C., Nyboe, S., ... Rabinovich, M. Geosteering in Complex Channel Sands: Successful Use of a New High Definition Inversion of Deep Resistivity Measurements. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts. 2019, June 15.

⁸ Seydoux J, Denichou J M, Amir I, et al. Real-Time EM Look-Ahead: A Maturing Technology to Decrease Drilling Risk in Low Inclination Wells[C]//SPWLA 60th Annual Logging Symposium. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2019.

EM Look-Ahead 是一项新的强大技术，作为勘探和评估阶段的安全高效补充，预计将在未来几年得到显著增长，并被广泛采用，为油气行业的许多领域带来好处。随着该技术的成熟，降低钻井风险的主动性将成为地质防堵的新标准。随着 LWD EM Look-Ahead 技术的引入，在钻头前方数十米处实时检测电阻率特征，能够主动减少与上述勘探挑战相关的钻井和地质风险。在过去 5 年里，LWD EM Look-Ahead 已经在全球许多地区进行了广泛的测试，并且在不同的条件下取得了成功。由于这项技术相对较新且仍在不断发展，其实现的学习曲线也在不断变化。最重要的是，如何基于对钻头之前的目标地层进行实时识别和正确解释，并做出关键的地质作业决策。这种创新的 EM Look-Ahead 技术避免了不必要的作业调整和额外的套管柱，从而显著提高了整体钻井效率，节约了整体钻井成本。

斯伦贝谢 (Schlumberger) 公司的研究人员在文中综述了 EM Look-Ahead 技术对垂直井关键应用的响应和灵敏度。现场结果和模拟示例提供了对技术能力、限制的理解，以及在解释、决策和操作部署方面获得的经验教训。最后，对该技术的发展前景进行了展望。(段力萌 编译)

哈里伯顿利用机器学习改进地质导向和地质测绘能力⁹

6 月，美国哈利伯顿公司 (Halliburton) 的研究人员在“SPWLA 第 60 届年度测井研讨会”上联合发表了题名为《利用机器学习算法对超深随钻电阻率反演的精细模型进行增强储层地质导向和地质测绘》(Enhanced Reservoir Geosteering and Geomapping from Refined Models of Ultra-Deep LWD Resistivity Inversions Using Machine-Learning Algorithms) 的文章。

超深随钻测井 (LWD) 电阻率测井仪在井下电阻率测量中得到了广泛的应用。以往的现场实例成功地证明了距离井筒 200 英尺以上的探测范围。由于具有超深探测能力，与传统方法相比，反演过程的复杂度增加，能适应更多的分层模型。算法实现了基于云的分布式解决方案，有效地为实时决策提供了实时地质反演模型。这些可用的软件平台和来自超深读取工具中现场数据，为进一步研究和评估用于现有反演过程的先进机器学习算法奠定了基础。

基于以往成功的野外作业和井前建模的超深电阻率测量大型数据库，本文提出了几种深度学习算法，以改进现有的反演过程，从而提取更多的地质信息。所提出的方法识别了现有反演过程中各个步骤获得的众多解之间的相似之处。然后，在反演的探测范围内检测最可能的分布，去除异常信号和模型，并进一步产生更合理的地质描述。所提出的方法还可以自动选取电阻率相差较大的地层边界。通

⁹ Wu H H M, Pan L, Ma J, et al. Enhanced Reservoir Geosteering and Geomapping from Refined Models of Ultra-Deep LWD Resistivity Inversions Using Machine-Learning Algorithms[C]//SPWLA 60th Annual Logging Symposium. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2019.

过前一组实测数据分析确定的关系，带入新的测量数据预测未来的过程，从而实现更有效的评估和计算。与原始反演方法相比，本文提出的机器学习算法建立了更好的地质插值模型和实例。在超深电阻率测量中使用机器学习的概念有效地提高了最终地质解释的质量，远距离探测到地层。这种增强功能通过优化油藏开发，最大化资产和降低总体运营成本来提高运营效率。（孙玉琦 编译）

哈里伯顿测试新尺寸的超声随钻技术¹⁰

6月，美国哈利伯顿公司（Halliburton）的研究人员在“SPWLA第60届年度测井研讨会”上联合发表了题名为《新4½英寸超声随钻技术能在油基和水基泥浆井眼中提供高分辨率井径和成像数据》（New 4½-In. Ultrasonic LWD Technology Provides High-Resolution Caliper and Imaging in Oil-Based and Water-Based Muds）的文章。

方位随钻测井（LWD）工具的成像技术为深入了解井眼条件提供了重要信息，并解决了钻井和地层评价的多种问题，如井筒稳定性评价、裂缝和层理面分析等。虽然高分辨率图像广泛应用于水基泥浆应用，如方位聚焦电阻率工具，但其在油基泥浆应用中的可用性是有限的。

本文介绍了4½-In.的现场测试结果。提供高分辨率钻孔卡尺和声阻抗图像的超声成像工具，与所使用的泥浆类型无关。对不同钻井条件下不同泥浆质量的油基泥浆数据集进行了分析，强调了成像技术在多种钻井应用中的适用性。现场测试井的测井数据和分析说明了卡尺测量和声阻抗测量的可交付成果。详细的卡尺测量可交付成果包括：用于水泥体积计算的平均井径计算，作为钻孔质量指示器，以及其他随钻测井（LWD）传感器的环境校正；用于实时地质力学分析的钻孔椭圆和方位扇形图输出；以及用于识别断层和裂缝的高分辨率钻孔图像。详细的声阻抗可交付成果包括：用于潜在孔隙度导向应用的实时图像；以及详细分析断层和裂缝的高分辨率存储图像，以及对层理面、层理和地层倾角的地质和岩性分析。卡尺和声阻抗数据集可直接与相应的电缆测量数据进行比较，包括多指卡尺和超声成像工具。

本文概述了工具几何结构和相关传感器物理特性，以及为评估传感器和相关测量和图像而进行的实验室设置和测试的详细信息。详细介绍了现场测试，说明了使用不同的泥浆比重、测井速度和钻柱旋转参数在不同岩性（从垂直到水平）上评估传感器所采取的步骤。对测井程序进行了优化，以获得与电缆数据集的直接相关性，最大限度地提高图像质量。

10 Li P, Lee J, Coates R, et al. New 4½-In. Ultrasonic Lwd Technology Provides High-Resolution Caliper and Imaging in Oil-Based and Water-Based Muds[C]//SPWLA 60th Annual Logging Symposium. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2019.

对现场测试的可交付成果的分析表明了超声波测井仪和声阻抗测量值在 5^{3/4} 到 6^{1/4} 英寸范围内的各种随钻测井 (LWD) 应用中的价值, 为油基泥浆系统增加了高分辨率成像能力。与电缆测量的出色对比表明, 在部署电缆技术具有风险或成本高的应用中 (如在高角度井或水平井中), 随钻测井 (LWD) 可作为主要成像解决方案, 同时实现同样高水平的地层评价。(孙玉琦 编译)

CGG 公司提出用于 MWD 调查的磁性参照系统¹¹

2019 年 7 月 1 日, CGG Multi-Physics 公司宣布即将推出预先计算的 MagCube 现场参照模型, 用于对 7 个美国陆上盆地和产区进行 MWD 调查: Bakken、Eagle Ford、Haynesville、Marcellus、Niobrara、Permian 和 Woodford。这些数据集可以在一天的时间内逐个授权或提取。

CGG 的 MagCube 磁性参考系统将全球地磁参考模型与当地磁测量数据相结合, 提供了深度的赤纬 (dip)、倾角和总磁场值。这些地下矢量磁场信息的立方体构成了定向钻井中 MWD 测量的参照系。在钻井过程中准确地了解钻井的运行轨迹, 可以节省昂贵的侧钻费用, 并避免与其他钻井在致密页岩层中发生碰撞。

(孙玉琦 编译)

德克萨斯大学奥斯汀分校等研究优化地层测试的方法

7 月, 德克萨斯大学奥斯汀分校和雪佛龙公司的研究人员联合在《Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts》上发表了题为《更好的地层测试—以优化流动几何为例》(What If There Was a Better Formation-Testing Probe? A Case Study on Optimizing Flow Geometry) 的文章¹²。

针对特定类型的储层条件选择最佳工具是流体取样工作的关键部分。此外, 当流体相为混相时, 样品质量的不确定性会增加。在最近的一项测井工作中, 使用了地层测试器来获取水基泥浆 (WBM) 钻井带的水样。研究了几种探头结构 (现有和原来) 在等效油藏条件下的性能, 以量化和优化滤液净化效率。本研究是在含有蓝染料示踪剂的水饱和储层中开展的, 并利用组成模拟器对白细胞滤液中的蓝染料示踪剂进行侵入。

现场测量的历史匹配允许对模型进行进一步修改, 以适应各种储层条件。利用一种灵活的数值算法, 针对不同的探针类型和工具配置, 精确方便地模拟了蓝色染料水基泥浆侵入饱和地层和流体抽汲的复杂示踪动力学。在正常操作条件下,

11 原文标题: Magnetic referencing system for MWD surveys

网址: <https://www.hartenergy.com/exclusives/tech-trends-181104>

12 Gelvez, C., Torres-Verdín, C., Se, Y., & Malik, M. What If There Was a Better Formation-Testing Probe? A Case Study on Optimizing Flow Geometry. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts. 2019, June 15.

所选的地层测试仪将花费大约一个小时的时间将滤液污染清理至目标值 5%。另一方面，最好的选择是聚焦椭圆探头，这种方式液体净化不到 40 分钟。此外，一个不同的工具配置与多个探针几何结构的组合，径向间隔的工具将提供更快的清理时间，只需 32 分钟。

在等效储层条件下，研究人员对八种地层测试工具的设计进行了排名。这些例子强调了探头几何结构和配置的重要性，以及作业前阶段可靠和方便的数值建模，以减少预计复杂储层条件下的清理时间。此外，数值模拟比较了各种商业地层测试探针的流体净化效率，以及可能导致新工具或探针开发的创新探针设计。完善探头几何结构和流体泵送方案是本研究的重要成果。（高国庆 编译）

贝克休斯低压冲击钻井液可降低狭窄压力窗钻探风险¹³

2019 年 7 月 1 日，贝克休斯（Baker Hughes）公司发布了 DELTA-TEQ 低压冲击钻井液，这是一种非水性配方，通过显著降低低压冲击钻井的风险，从而使操作人员在狭窄的压力窗口工作来满足钻井目标。

在如海上油井等具有挑战性的油井中，孔隙压力、裂缝梯度和复杂的几何结构结合在一起，形成了一个狭窄的操作窗口。许多操作问题，如过高的振动压力、由泵启动压力引起的压力峰值、复杂的等效循环密度管理以及无法有效控制钻井参数等，都会导致成本高昂且耗时的事件。

DELTA-TEQ 流体创造了一种非渐进的凝胶结构，通过快速设置/易断裂的剖面减少液压冲击，在停止操作时保持流体的完整性，在循环恢复时减轻压力峰值，并在套管运行时保护地层不受冲击压力的影响。此外，DELTA-TEQ 流体可以通过在油井的正确区域保持适当的粘度来控制水力冲击，从而达到最佳的井眼清洗和渗透率，而不会对地层施加过大的压力，就像一个“粘度离合器”，它在低剪切速率下与粘度结合，在高剪切速率下与粘度分离。（孙玉琦 编译）

装备研制

Varel 公司发布新型定向 PDC 钻头¹⁴

7 月 1 日，致力于曲线钻头研发的瓦雷尔石油天然气公司（Varel Oil and Gas）

13 原文标题：Low-pressure-impact drilling fluid reduces risk in narrow pressure windows

网址：<https://www.hartenergy.com/exclusives/tech-trends-181104>

14 原文标题：Varel Oil and Gas releases new directional PDC drill bits

来源：（1）<https://www.worldoil.com/news/2019/7/1/varel-oil-and-gas-releases-new-directional-pdc-drill-bits>

（2）<https://www.hartenergy.com/exclusives/hitting-mark-181097>

利用数十年的钻头设计经验和精确的预测性模拟软件,瞄准定向井公司和运营商最需要的曲线中一致、可控的钻头,推出了其新型定向 PDC 钻头“MARKSMAN”。

定向井筒造斜段的 PDC 钻头性能受地层、井筒几何结构、井底钻具组合 (BHA) 设计和曲线钻进等诸多因素的影响。有效地管理这些因素,以解决每个钻井应用的具体问题,是优化可操纵性和效率的关键。基于性能的“MARKSMAN”钻头方法通过优化可操纵性的两个关键方面来提高效率:刀面控制和侧切能力。为了提高钻头和底部钻具组合的性能,在钻井建造段时最大限度地提升性能,需要了解在给定的井筒几何结构和地质条件下,刀具尺寸、叶片轮廓、标距长度和其他因素如何影响效率和可操纵性。

定向钻头的设计主要集中在优化钻速和导向性上,以尽可能快速、一致地钻削曲线段。瓦雷尔公司研发的定向钻头基于高度适应性的设计方法,该方法通过密切管理工具面控制和侧切能力,以实现一组特定应用因素的性能目标。钻头具有多个功能,包括一个阶梯式量规,以补充电机弯曲,用于工具面控制的自定义锥体几何和用于侧切的高密度切割结构。

瓦雷尔以设计经验和定向钻井知识为基础,了解其应用情况,并与操作人员和定向钻井商合作。专有软件用于快速、准确地探索情况、确定最佳解决方案并更快地将更高的性能投入领域。

通过减小朝向钻头中心的锥体区域的侵略性,可实现更大可操纵性的被动工具面。设计特点是锥角较浅,从肩部到锥体中心逐渐降低刀具的侵略性。较低的侵略性,更高的角度刀具后耙向中心的钻头,最大限度地减少反作用扭矩和增加转向响应。肩部向更具侵略性的刀具方向的过渡增强了侧切能力,使钻头更容易转向。

用于开发“MARKSMAN”钻头变化的软件能够快速、准确地响应特定的应用。PDC 设计器切割结构设计软件根据实际岩性模拟场景。解释数据用于评估性能,如横向稳定性、耐久性和攻击性。完成的数据直接导入计算机辅助绘图 (CAD) 软件。DIG-IT 软件使用这些数据进行深入分析。该应用程序在复杂的钻井场景 (如定向应用程序) 中运行钻头模拟。它允许工程师使用三维 CAD 位模型来模拟岩石相互作用,如量规或叶片顶部接触。

通过在加拿大和美国俄克拉荷马州的初步钻井应用,证明了“MARKSMAN”定向 PDC 钻头设计方法的灵活性。加拿大钻头有六个刀片,带有 11 mm 的刀具 (611);在俄克拉荷马州,它们通常有 513 或 613 种变体。首次使用“MARKSMAN”钻头,使偏移混合钻头的平均使用率提高了一倍以上。



图 1. 瓦雷尔公司新推出的“MARKSMAN”定向 PDC 钻头

(邓阿妹 编译)

西澳大利亚大学等研发出一种岩石低场核磁共振和超声耦合测量的新仪器

7月，西澳大利亚大学和 CSIRO 能源的研究人员联合在《Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts》上发表了题为《一种用于油藏条件下岩石低场核磁共振和超声耦合测量的新仪器》(A New Apparatus for Coupled Low-Field NMR and Ultrasonic Measurements in Rocks at Reservoir Conditions) 的文章¹⁵。

孔隙内流体对岩石弹性波传播影响的模型是储层定量分析的基础。通过在岩心上进行的超声测量用于开发和调整这些模型，这些模型需要输入诸如流体饱和度和分布、孔隙长径比、润湿性和流体粘度等参数。氢(¹H)核磁共振(NMR)是一种可以用来定量描述这些重要参数的技术。该文报道了一种新型的NMR兼容岩心夹持器系统的设计、结构和性能，该系统可以同时测量储层压力下岩心的超声波p波速和核磁共振弛豫参数。对常规的台式超声测量系统进行了成功的验证，同时在储层压力下对砂岩岩心进行了序列核磁共振和超声测量，以作为可变盐水/超临界二氧化碳饱和度的函数。该仪器首次实现了岩石在高温高压下的核磁共振和超声耦合测量，为研究岩石中孔隙饱和度对弹性波传播的影响提供了一种新的方法。(高国庆 编译)

¹⁵ Connolly, P. R. J., Sarout, J., Dautriat, J., May, E. F., & Johns, M. L. A New Apparatus for Coupled Low-Field NMR and Ultrasonic Measurements in Rocks at Reservoir Conditions. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts. 2019, June 15.

NOV 的新型钻具可解决中大陆燧石层钻孔难题

7月1日消息。位于俄克拉荷马州南部的钻井 Woodford 井因其高燧石含量增加了 PDC 刀具损坏的风险。这类岩层会造成快速钻头的磨损，甚至由于热降解导致刀具断裂。岩性和抗压强度的变化则会造成钻头和井底组件振动的冲击损坏。这些增加了钻探 Woodford 地层的难度，为此，国家油井公司 (NOV) 推出专有钻头和刀具，使操作员能够减少伤害、增加钻速(ROP)以及钻取比偏移量更高的平均间隔,从而节省了钻孔时间和操作成本¹⁶。

两年多来，NOV 业务部门 ReedHycalog 的钻头设计师和工程师不断在 Woodford 井中测试特定应用的钻头和刀具，根据性能结果迭代并创建新设计。SK713M 系列钻头的引入满足了对耐用性的初步要求，并在钻井过程中发挥作用。

设计师和工程师改变切割结构，将 ReedHycalog Torc 块包括在锥体中，在耐久性方面取得了积极的进步。同时，引入了一种交替切割器模式，采用三维和全圆切割的混合，最大限度地发挥每种刀具的潜在优势。离子三维刀具提供更高的点载荷能力，从而实现更高效的切割功能。

随着市场的成熟和运营商对 Woodford 钻井参数了解的增加，NOV 的钻头设计师将继续调整设计，以实现产出更高速的电机并具有更高的扭矩值。区域设计工程师将专注于现场结果，以开发特定应用的设计。本地工程团队将继续与销售团队合作进行内部刀具测试，从而持续改进性能，并在中大陆地区钻井工作中实现更大成本效益。（丰米宁 编译）

NOV 开发模块化泥浆振动筛改进了振动筛性能和可靠性

7月1日消息，国家油井公司 (NOV)开发了 Brandt SABER 模块化泥浆振动筛，该振动筛可产生一种成本更低的钻井液以优化钻井性能和井眼条件，提高了振动筛性能和可靠性¹⁷。

SABRE 泥浆振动筛系统基于可扩展的平台，可以轻松地从单层甲板更换为多层甲板单元。在现场进行此升级的能力消除了更换整个振动筛系统以增加容量的需要。

该系统还提高了流体处理能力，在整个钻井过程中更好地控制低重力固体，从而减少稀释和相关的物流成本，能够进行干燥切屑，从而降低牵引/处理成本。其次，对于钻井应用需要保留和回收昂贵的漏失材料或井眼稳定材料的操作员，

16原文标题：Addressing The Drilling Challenges Of Midcontinent Chert

网址：<https://www.hartenergy.com/exclusives/addressing-drilling-challenges-midcontinent-chert-181029>

17原文标题：Modular Shale Shaker Drives Performance Evolution

网址：<https://www.hartenergy.com/exclusives/modular-shale-shaker-drives-performance-evolution-180957>

可以设置 SABRE 的三层结构以保留这些颗粒并将它们重新引入流体系统。

未来，在整个北美及其他地区钻探的页岩运营商将继续关注于降低成本和提高效率。这些需求推动了固体控制的改进，其中泥浆振动筛是维持钻井液的有效性和所需性能的主要驱动因素。通过 Brandt SABER，NOV 在模块化、灵活的系统中将设计独创性、更低的总体拥有成本以及更高的可靠性结合在一起。

（丰米宁 编译）

斯伦贝谢公司使用 EMLA 提高钻井测量作业的前瞻性

7月，斯伦贝谢公司的研究人员在《Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts》上发表了题为《提高钻井时深部定向电阻率测量的前瞻性》(Enhancing the Look-Ahead-of-the-Bit Capabilities of Deep-Directional Resistivity Measurements While Drilling) 的文章¹⁸。

最近推出的电磁前瞻 (EMLA) 工具采用深度定向电阻率随钻测井技术，用于垂直井和斜井中的地质覆盖和其他应用。EMLA 工具与标准深向电阻率工具有一些基本结构相同。不同之处在于，发送器和浅电阻率传感器更接近钻头，使其能够感知钻头前方数十英尺的位置。除传感器技术外，基于反演的解译工作流程也至关重要。与用于储层绘图和地质导向的大角度和水平井相比，这些测量采用不同的前瞻性应用策略进行处理。

该文详细介绍了基于两步一维反演的工作流程，它最大限度地提高了先行测量的灵敏度。环向反演首先使用传统的浅电阻率数据和深度电阻率测量估算各向异性电阻率剖面和交叉层的倾角。在工作流程的第二步中，超前反演采用各向异性电阻率剖面，利用深部定向电阻率数据确定传感器前方的地层电阻率剖面。为了使算法具有鲁棒性，前瞻性工作都经过精心设计，在每个反演的特定时间间隔内处理最敏感的测量值。在实时应用中，以前的环向和超前电阻率剖面估计用于帮助当前的超前反演。此外，最初的 EMLA 环顾前视 (LALA) 工作流程适用于处理深层定向电阻率和常规电阻率数据，与为地质导向水平设计的常规解释工作流程相比，能够改善斜井中的地质预防。

实例研究表明：LALA 工作流程在钻头前探测电阻率变化方面具有良好的性能。以澳大利亚 59° 倾斜井为例，LALA 工作流程能够比常规反演提前 20 米探测储层顶部。EMLA 和深向电阻率在世界不同地区的应用表明，该工作流程成功地用于探测不同井斜处的储层顶部。（高国庆 编译）

¹⁸ Thiel, M., Omeragic, D., & Seydoux, J. Enhancing the Look-Ahead-of-the-Bit Capabilities of Deep-Directional Resistivity Measurements While Drilling. Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts. 2019, June 15.

新型 LWD 高分辨率超声成像工具能优化井筒稳定性参数

7月1日消息。虽然超声波测量已用于钻孔成像，但其不能用于高偏斜度的井和恶劣环境井中。因此，研究人员开发超声 LWD 成像装置，其不再依赖于特定钻井泥浆或支座（如 LWD 电阻成像工具），并能获得高分辨率图像，以准确识别地层、构造和构造应力方向指标¹⁹。

高频超声波传感器作为发射器和接收器，提供传播时间和振幅的测量。通过该方式，超声波传感器使用传播时间测量提供跨 128 个扇区的钻孔图像，并使用振幅测量提供 128 个扇区的地层图像，具有 360 度的钻孔覆盖。

新型 LWD 超声波成像技术代表了一种功能强大的仪器，用于检测孔径为 57/8 英寸至 8 3/4 英寸的水基和油基泥浆中的井筒稳定性参数。在振幅图像上检测到原位构造应力元素，并根据井眼椭圆度分析进行推导。确定钻孔突破的大小和方向有助于地质力学预钻孔模型的验证或调整以及钻井泥浆的最佳参数的选择，这些观察结果帮助钻井人员了解井眼条件，以避免在套管作业期间出现问题。

（丰米宁 编译）

Well-SENSE 推出微型光学测量仪²⁰

7月5日消息。Well-SENSE 公司推出了一款微型光学压力温度计，并将其作为 FiberLine Intervention (FLI) 系统的一部分。这款光学仪表是 Well-SENSE 公司（总部位于阿伯丁）与加拿大多伦多光学传感仪器公司 Fibos 合作研发的。

该光学压力温度计扩大了 FLI 在陆上或海上井眼监测的应用范围，为开发商针对永久井下传感器和传统电法测井设备提供了成本低廉且可替代的解决方案。相较传统测井方法，结合 FLI 的其他特色功能，包括简易的部署机制和分布式传感，这款光学仪表可以节省 50%-90% 的成本。

光纤布拉格光栅 (FBG) 装置是一种不需要额外电力供应和连接的强力光学器件，光纤带有精确光栅距的内接光栅，光栅能反射特定波长的光并传输其他波长的光。它非常适合应用于恶劣环境中的井监测。通过监测这些光栅的膨胀和收缩，可以测量压力和温度，自 20 世纪 90 年代以来，光纤布拉格光栅已用于石油和天然气生产监测，包括流量监测，生产分析和泄漏检测。新型压力表的可测量标准高达 10,000 psi 的压力和 150°C 的温度，甚至可选择进一步提升性能至 20,000 psi 和 300°C。

19原文标题：Improved Detection Of Wellbore Stability Parameters

网址：<https://www.hartenergy.com/exclusives/improved-detection-wellbore-stability-parameters-181011>

20 原文标题：Well-SENSE launches miniature optical gauge

网址：<https://www.worldoil.com/news/2019/7/5/well-sense-launches-miniature-optical-gauge>

这款被认为是市场上体积最小布拉格光栅仪表之一的光学设备，其尺寸大约只有 10 mm^3 。它可以与其他传感器结合使用，并集成在 Well-SENSE 最小的 FLI 探头内。这也意味着 FLI 探头可以部署在狭窄的通道井中，以便在下降期间记录数据并随时间捕获井底温度和压力。它持久耐用，可以同 FLI 系统一起被留在井中几天甚至几个月，并沿光纤实时传输井下数据。

Well-SENSE 首席执行官 Craig Feherty 表示：通常情况下，光学传感器已经被合并到复杂的井监控系统中，这些系统成本高，运营功能复杂。为了满足客户需求，他们采用先进的布拉格光栅技术，开发了小型光学压力温度计，且 FLI 系统无缝结合。搭载传感器的 FLI 系统能进入传统有线传感器物理上需要高成本才能进入的地方。作为 Well-SENSE 技术路线图的一部分，这种压力-温度传感器的引入是他们 FiberLine 解决方案的一个重要补充。（郑启斌 编译）

中石化钻井导向技术获国家科学技术进步奖²¹

在国家科学技术奖励工作办公室日前公布的 2019 年度国家科学技术进步奖提名项目中，中国石化胜利石油工程公司完成的“主动式油藏导航技术研究与应用”项目赫然在列。

这标志着以提高采收率为目标的钻井地质导向技术实现革命性进步——从过去的几何导向，也就是让钻头在地下沿着设计好的地图找油层，到现在的根据导航系统，长了眼睛的钻头根据位置图，不仅可以绕过路障，还能优化路径准确找到油层。

钻井导向技术是根据油田的开发状况不断发展的。到了开发中后期，老油田挖潜方向转向薄差层、油砂体，具有地层类型和走向变化复杂、储层位置不确定等特点。在钻井过程中，由于地质目标探测手段单一、井眼轨迹控制难度大，难以及时准确跟踪目标油层，导致储量钻遇率低，复杂油气藏不能高效开发。

不仅如此，经过多年的注水开发，大部分油井进入高含水阶段。地下油层水淹后，只有薄薄一层油漂在水面上，俗称为“水上漂”，也像一层头皮。如何让靶心正中这层头皮，实现高效开发，同样需要一项全新的钻井技术。

20 年前，胜利油田就着手研发这一技术，并不断取得进展。2006 年，依托国家 863 项目正式立项，3 年后，一个与此相关的科研项目获得中国石化一等奖，该技术被列为中国石化重大科研项目。之后，中国石化胜利石油工程公司随钻测控技术中心持续攻关，通过理论方法创新、仪器自主研发、系统集成创新应用，最终形成了主动式油藏导航技术。

一段介绍该技术的短视频显示，钻头在地下仿佛长了眼睛，向着目标储层毫

21 网址：<https://finance.sina.com.cn/roll/2019-06-11/doc-ihvhqay4772560.shtml>

不犹豫钻进，进入储层后距离储层边界只有两米时，不假思索立即转向沿着储层水平方向前进，在遇到前方有新储层时，稍作迟疑后继续前进，直至进入新储层。

从被动找油层，到仿佛听到油层的呼唤主动找寻，如此神奇的背后，基于一项自主创新的复杂油气藏靶区目标三维超视距探测方法，是该项目的核心技术，让钻头具备了肉眼、望远镜和显微镜功能，轨迹控制横向纵向误差均在 0.5 米以内，显著降低了地质目标探测盲区，储层钻遇率达到 98%。

截至目前，“主动式油藏导航技术研究与应用”项目累计获得国家发明专利授权 14 项，获中国石化技术发明一等奖一项和山东省技术发明二等奖一项，建立了 2 项行业标准，建成了山东省随钻测控技术基地。

该项目的应用形成了复杂油气藏井工厂高效开发模式，成功应用于 256 口井，投产成功率 100%，初期单井日产比同区块油井提高 3 到 10 倍，为东部老油田持续稳产、西部新区高效开发提供了先进的技术解决方案。

中国石化工程院高端随钻成像技术取得新进展²²

6 月 27 日，由中国石化工程院自主研发的随钻近钻头伽马成像系统、随钻高分辨率电阻率成像系统，先后在西南油气分公司江沙 211-2HF 井、福兴 3 井成功进行入井实钻试验，标志着中国石化高端随钻成像系列技术达到国内领先水平。

在近钻头伽马成像系统小批量生产前的可行性评估中，该成像系统测量资料与测井数据高度一致，能较好地分辨 0.5 米薄层，可以成像化实时反映地层特性。这是该系统的第 4 轮第 11 井次试验。经过本次试验评估后，近钻头伽马成像系统正式进入小批量工业化生产阶段。在随钻高分辨率电阻率成像系统试验中，该系统的电阻率图像与岩芯对应关系良好，分辨率达 10 毫米，精确评价了地层变化，准确反映了裂缝、倾角、地应力方向等地层特性，为实时评价储层、优化钻井参数提供技术支撑。

专利信息

美国 XR LATERAL 公司公开钻具组合钻柱上的装置

6 月 6 日，美国 XR LATERAL 公司的研究人员发布安装在钻具组合钻柱上的装置²³，可用于垂直钻井、定向钻井和非垂直井等。该装置在井筒的中心部分

22 网址：<https://news.sina.com.cn/c/2019-07-05/doc-ihycitk9951908.shtml>

23 原文标题：Apparatus for being attached to drill string for drilling assembly, has dynamic pad extended out to extent equal to or greater than diameter of drill bit, and exerting restorative force to drilling assembly when assembly experiences bias

网址：

产生横向切割作用,从而通过减少或消除由于压缩破坏而使岩石失效的纯钻头部分旋转的可能性,来提高钻头的工作效率。该专利的专利号为 US2019169935-A1。

该装置具有弯曲的壳体,包括接纳钻头的低心轴部分。低心轴部分具有凸轮表面。心轴致动的动态垫通常安装在弯曲壳体的弯曲侧上,靠近低心轴部分,并且远离弯曲壳体的弯曲部。心轴激活的动态垫延伸到等于或大于钻头直径的程度。当钻探组件经历偏差时,心轴致动的动态垫向钻探组件施加恢复力。(周洪 编译)

澳大利亚公开旋转导向钻孔系统

5月31日,澳大利亚发明人GRAY I公开一种旋转导向钻孔系统²⁴。该系统结构简单,当达到足够的流量时,提升锁定销钉弹簧,并从凹口中伸出,以便允许驱动轴自由旋转转向轴环体;防止在钻孔期间,轴环旋转通过固定具有锋利边缘的对准垫或附接到止推垫的硬质材料的尖锐翅片,以便在钻孔内保持角度对准。该专利的专利号为 WO2019100116-A1。

旋转导向钻孔系统具有减压活塞,用于操作相应的推力垫抵靠钻孔的侧壁,以响应钻井液的压力沿相反方向推动转向环。非压力释放的活塞操作相应的止推垫抵靠钻孔的侧壁,以响应于钻井液的压力而沿与压力释放的活塞的不同方向推动转向轴环。钻井液泵以设定的流速泵送钻井液从而将驱动轴锁定到转向轴环并操作活塞。(周洪 编译)

美国 Gyrodata 公司公开井眼轨迹方向控制方法

6月6日,美国Gyrodata公司公开使用计算系统提供井眼轨迹方向控制方法²⁵。该方法能够利用两次随钻测量(gyro-while-drilling, GWD),减少收集调查所需的时间,从而提高质量控制(QC)和调查信心,并以有效的方式提高调查准确性。该方法可用于个人计算机、服务器计算机、手持或膝上型设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、机顶盒、可编程消费电子产品、网络PC等。该专利

http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=5DIMHFbK24JecGbDOFA&page=1&doc=1

24 原文标题: Rotary steerable borehole drilling system, has pressure relieved piston for operating thrust pad against sidewall of borehole, and drilling fluid pump for pumping drilling fluid at desired flow rates to lock drive shaft to steering collar

网址:

http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=5DIMHFbK24JecGbDOFA&page=1&doc=1

25 原文标题: Method for providing directional control of wellbore trajectories by using computing system, involves generating survey of wellbore based on first and second gyro-while-drilling survey data for control of wellbore trajectories

网址:

http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=5DIMHFbK24JecGbDOFA&page=1&doc=1

的专利号为 US2019169984-A1。

该方法涉及接收使用在井筒内提供的第一勘测工具获取的第一次 GWD 勘测数据，接收使用在井筒内提供的第二勘测工具获取的第二次 GWD 勘测数据。基于第一次 GWD 调查数据和用于井眼轨迹方向控制的第二次 GWD 调查数据，生成用于井眼轨迹的方向控制的调查。（周洪 编译）

美国 HRL 实验室公开钻井设备的井下仪器包

美国 HRL 实验室公开用于钻井设备的井下仪器包²⁶。主动钻井期间，井下聚集的传感器数据可能不太准确，但收集的数据远远多于勘测期间收集的数据，因此在钻井时计算钻头位置可以有利地用于实现实时引导或至少在钻井时实时轨迹计算。该专利的专利号为 US2019169979-A1。

井下仪器包具有信号处理装置。该装置在连续操作模式下，将第一组算法应用于传感器的数据收集。检测到的数据的结果被信号处理设备存储为存储数据。信号处理装置在调查操作模式下，将与第一组算法不同的第二组算法应用于传感器数据，确定井下仪器包的计算位置。（周洪 编译）

美国哈利伯顿公开一种获取井下加速度相关数据的方法²⁷

6月20日，哈里伯顿能源服务公司（HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC）公开了一种旋动井下工具的方法，该方法包括基于二维加速度计数据确定加速度计径向偏移量和向心加速度。该方法便于钻井时更好地控制设备位置，从而提高钻井效率。该方法还能检测偏置故障，防止测量误差的产生，从而在计算方位参数前提高效率、降低成本并纠正偏置误差。该专利的专利号为：WO2019118188-A1。

该方法是在钻井作业期间，通过使用旋转井下工具上的加速度计获取二维加速度计数据。根据二维加速度计数据，确定了加速度计的径向偏移量和向心加速度。根据二维加速度计数据的一维分量所确定的向心加速度，对二维加速度计数

26 原文标题：Downhole instrument package for use with well drilling apparatus, has signal processing device that determines calculated position of downhole instrument package from data collected from sensors while in survey mode of operation

网址：

http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=4&SID=5DlMHFbK24JecGbDOFA&page=1&doc=1

27 原文标题：Method for rotating downhole tools in wellbore, involves determining radial offset of accelerometer based on two-dimensional accelerometer data, and determining centripetal acceleration of accelerometer based on accelerometer data

网址：

http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=5DlMHFbK24JecGbDOFA&page=1&doc=1

据进行了修正。根据减去的数据确定井下工具的重力加速度分量。(郑启斌 编译)

产业动态

美洲

斯伦贝谢提供新的实时数据随钻测量服务²⁸

2019年7月1日，斯伦贝谢公司(Schlumberger)发布了IriSphere随钻测量服务，该服务提供电磁(EM)技术，用于在油气井的钻头钻进前探测地层特征。

该服务旨在通过提供实时数据来降低钻井风险并提高效率。IriSphere在钻头前方超过30米(100英尺)处使用基于EM的电阻率测量，然后将其与包含偏移量和其他数据的模型进行比较，以揭示钻井过程中地层的真实测井图。这使操作者能做出实时决策，而不是在钻井时对钻头或钻头后面的测量结果做出反应。

研究人员使用IriSphere服务进行了超过25次的现场测试，包括成功地探测储层和盐界，识别薄层和避免可能导致井筒稳定性问题的高压地层等钻井危险。

(孙玉琦 编译)

TGS、PGS、贝恩地球物理合作建立地壳研究中心

6月24日，在加拿大东部地震/重力测量长达10年合作的基础上，TGS、PGS宣布与贝恩地球物理公司(Bain Geophysical Services)合作，对纽芬兰岛和拉布拉多岛近海地壳进行新的区域研究²⁹。该研究于2019年第一季度开始启动。

对加拿大东部地壳进行区域研究建立在最近完成的墨西哥湾/巨大地壳研究的基础上，该研究过程中构建了三维模型，该三维模型包括从深度到磁性/晶体基底、从深度到居里等温线、从深度到莫霍和地壳厚度，从地震测绘和重磁反演到建模的集成。

TGS北美高级副总裁威尔·阿什比(TGS' Will Ashby)说：“我们很高兴地宣布，在纽芬兰和拉布拉多这些极具前景的地域下，我们对地壳进行了新的研究。特别高兴的是，交付时间表将及时给我们提供早期参与者的成果，以影响对即将到来的租赁销售的勘探评估。这种类型的区域研究有助于更好地了解该地区的根本地质结构，特别是在较浅、较容易成像的地层之下，也能够有效测试其他

28 原文标题: New look-ahead-while-drilling service provides real-time data

网址: <https://www.hartenergy.com/exclusives/tech-trends-181104>

29 原文标题: TGS, PGS partner with Bain Geophysical to create crustal study offshore East Canada

来源: <https://www.worldoil.com/news/2019/6/24/tgs-pgs-partner-with-bain-geophysical-to-create-crustal-study-offshore-east-canada>

地质解释，以便充分评估地壳厚度及其对这一广大地区石油系统的影响。”

(段力萌 编译)

BHGE 和 C3.ai 宣布建立油气行业 AI 解决方案的合资企业

2019 年 6 月 24 日，贝克休斯 (BHGE) 和 C3.ai 宣布了一项合资协议，将 BHGE 的全方位石油和天然气专业知识与 C3.ai 独特的 AI 软件套件结合，提供数字化转型技术，以提高石油和天然气行业生产力水平³⁰。

油气领域的人工智能通过摄取大量数据来帮助提高整体绩效，能够在特定运营环境中变得智能化并在问题发生之前预测问题，从而提高运营商的规划、人员配备、采购和安全水平。该合资企业结合了 BHGE 在油气技术领域的丰富经验、C3.ai 独特的 AI 软件套件和解决方案，为该行业创造了新的机遇。

BHGE 和 C3.ai 还将利用 BHGE 现有的数字产品组合，共同开发针对石油和天然气的新型集成 AI 应用，并提供直接部署到客户环境中的油田和 AI 专业团队，以提供满足特定业务需求的 AI 解决方案。通过这种组合产品简化 AI 应用的方法将帮助客户安全有效地运营其石油和天然气业务。

根据协议条款，BHGE 已获得 C3.ai 的少数股权，并将在 C3.ai 的董事会中占有一席之地。BHGE 还将加速自身对 AI 的使用，在其业务中部署 C3 AI 套件，以支持新的 BHGE AI 应用程序，从而改善核心运营并更好地为客户提供支持 AI 的产品和服务。(容洁 编译)

非洲

南非将制定新的油气政策来促进增长

2019 年 6 月 26 日消息。南非正在制定一项政策，以管理石油和天然气资源的开发。此前潜在投资者呼吁保护该行业，使其免受围绕适用于采矿勘探的法律的长期争论的影响³¹。

自从道达尔公司(Total SA)今年 2 月宣布在南非海岸发现首个重大深水油田以来，石油立法的最终敲定工作变得更加紧迫。据估计，该油田的原油储量为 1 亿桶。自发现以来，其竞争对手荷兰皇家壳牌公司(Royal Dutch Shell Plc)已从阿纳达科石油公司(Anadarko Petroleum Corp)手中收购了该地区勘探区块的部分股权。

30 原文题目：BHGE, C3.ai announce JV to deliver AI solutions across the oil and gas industry
网址：<https://www.worldoil.com/news/2019/6/24/bhge-c3ai-announce-jv-to-deliver-ai-solutions-across-the-oil-and-gas-industry>

31 原文题目：South Africa working on new oil, gas policy to enable growth
网址：<https://www.worldoil.com/news/2019/6/26/south-africa-working-on-new-oil-gas-policy-to-enable-growth>

南非目前大约 60% 的石油产品需要进口原油。其余部分由 Sasol 公司旗下的工厂提供。能源部着手制定的一项石油资源开发法案将进一步为上游石油行业提供监管方面的支持，并刺激该行业的增长和发展。（容洁 编译）

欧 洲

Gazprom Neft 与官方合作在油区建立技术中心

2019 年 6 月 7 日，亚马尔-涅涅茨（Yamalo-Nenets）自治区区长 Dmitry Artyukhov 和俄罗斯天然气工业股份公司（Gazprom Neft）首席执行官 Alexander Dyukov 在圣彼得堡国际经济论坛（SPIEF）上签署了关于建立开发 Achimovsky 油区的技术中心合作备忘录³²。

新中心的建立是为了开发 Achimovsky 保护区(被归类为“难以恢复”的保护区)。

在有效开发 Achimovsky 油区之前，一些技术挑战还需要克服。为此，俄罗斯天然气工业股份公司（Gazprom Neft）提议，在该公司位于亚马尔-涅涅茨（Yamalo-Nenets）自治区的一个许可街区里建立一个试验场，用于新技术的试点测试和现有技术的开发。技术中心设想了地下许可证持有者、设备和软件生产商、学术机构、研究组织和创新中心之间的合作。此外，它还计划建立一个综合信息平台和数据中心，以促进经验分享。

专家估计，该项目的成功实施将带来高达 10 万亿卢布的额外税收。在 SPIEF 签署的备忘录中他们还设想为 Achimovsky 油区建立一个具体的法律框架。

（容洁 编译）

中 国

我国首台 5000 米多功能新型钻机下线³³

6 月 29 日消息。由李四光地质科学奖获得者、“大国工匠”朱恒银领衔的团队与加工厂家合作共同研发的 5000 米多功能变频电动钻机，日前下线并通过行业专家验收。该钻机是我国首台多功能新型钻机，可满足和适应不同钻探口径、不同工艺方法的钻进要求，可推广应用于地下深部新型能源、油气勘探、地质找矿、科学钻探等多领域，对于降低钻探工人工作强度、改善钻探工人工作环境和推动地质钻探设备向智能化方向发展具有重要意义。

32 原文题目：Technology center to be established for developing Achimovsky-strata oil deposits in Russia
网址：<https://www.worldoil.com/news/2019/6/7/technology-center-to-be-established-for-developing-achimovsky-strata-oil-deposits-in-russia>

33 网址：<http://ah.people.com.cn/n2/2019/0629/c358428-33089582.html>

“这一新型钻机高 53.5 米、总重约 500 吨，其诞生标志着人类向地球深部进军又增添一‘利器’。”朱恒银介绍，该钻机绞车、转盘、泥浆泵采用了先进交流变频电动驱动技术，具备安装顶部驱动装置的能力采用直升式大跨度井架结构设计，解决了施工场地狭小的安装难题，并解决了丛式井、水平井、对接井短距离搬迁、拆卸等难题；在同类型钻机基础上，增加钻杆提升自动清洗装置，塔上作业防寒防暑、多功能安全帽、钻井参数采集和处理多功能化等多项应用和创新，改善了人机工作环境，提高了钻井安全性，钻机机械化、自动化、数字化、信息化、节能化水平有明显提高；采用模块化结构设计理念，钻机总体、各部件及其相关配套设备设计和制造符合有关国际石油协会 API 标准和规范要求，主要性能指标和技术检测项目均达到设计要求。

中曼石油获伊拉克油田钻井合同³⁴

6月24日，中曼石油公告称，公司于6月20日同振华石油控股有限公司（简称振华石油）下属 EBS Petroleum Company Limited（简称 EBS）签订了伊拉克东巴格达油田钻井项目合同，合同金额约4000万美元。

公告显示，2018年5月，EBS 与伊拉克中部石油公司签署了东巴格达油田南部区块的开发生产服务一体化合同，即伊拉克东巴格达油田钻井项目合同。EBS 是振华石油下属主要从事油气勘探开发、石油产业投资、国际石油贸易、石油炼化、油品储运等业务的专业化石油公司。

中曼石油表示，该项目是公司长期深耕伊拉克市场带来的积极成果，将提高公司在伊拉克市场的知名度和影响力。本次合同的履行将对公司2019~2020年经营业绩产生积极影响，对公司业务、经营的独立性不会产生影响。

中国石油集团着力推动勘探开发向高质量发展³⁵

10亿吨级特大油田被发现、页岩气井测试日产量超百万方、准噶尔盆地最高产能油井正式投产……近年来，中国石油天然气集团有限公司着力推动油气勘探开发向高质量发展，油气增储上产成效显著。

油气勘探获多点突破

地处我国准噶尔盆地的新疆玛湖油田，今年以来进入全面开发阶段，这个10亿吨级的大油田，已有多个区块陆续投入开发，预计全年产油145万吨。

玛湖10亿吨级特大油田的发现，是中石油多年勘探攻关的成果。在持续勘

34 网址：<https://finance.sina.com.cn/money/future/nyzx/2019-06-26/doc-ihytcerk9382879.shtml>

35 网址：http://www.xinhuanet.com/politics/2019-07/08/c_1124724676.htm

探发现的同时，产能建设不断推进。根据规划，2025年玛湖油田年产量将达到500万吨。

近年来，中石油加大勘探开发力度，勘探成果显著。特别是今年以来，国内油气勘探开发获得多点突破——

在鄂尔多斯盆地，宁夏盐池盐39H5-3水平井顺利开钻，多个油田连获高产油气井，长庆油田一季度油气当量达1460万吨；

在大漠戈壁，塔里木油田加快寻找规模优质储量的步伐，油气勘探获得新进展，一季度，其原油、天然气分别超产3.3万吨和5亿立方米；

在红海滩畔，辽河油田通过精细调控与强化治理并行，长停井得以复产，低产井得到改善。

今年上半年，中石油国内油气产量当量达9851.3万吨，其中，原油产量同比稳中有升，天然气产量同比增长10%。

创新点亮勘探“盲区”

历经几十年的勘探开发，油气田勘探开发的难度越来越高，寻找规模优质储量的难度持续升级。为此，中石油提出：创新是破解油气勘探困局、走向更大发展必须依靠的“钥匙”。

去年以来，中石油持续推进技术创新、管理创新，着力推动油气勘探跃上新台阶。中石油勘探专家表示：“技术创新能有效突破勘探‘盲区’。过去明知道地下哪有油气，但由于技术不过关，就是拿不到，这是‘盲区’。有了技术‘利剑’，过去的‘盲区’就点亮了。”

以技术创新为基点，中石油着力打造高精度三维地震、深井和长水平井钻完井、大幅度增产压裂改造，有效推动了复杂条件下的油气发现和非常规油气资源勘探开发。物探三维地震采集、钻井进尺、压裂工作量分别同比增长38%、8%、40%。

同时，各探区持续开展钻井提速提效、控投降本，特别是在玛湖等地区提速明显，机械钻速提高了15%以上，周期缩短了20天以上。

今年“60岁”的大庆油田，应用新技术提产，已累计建成产能36万吨，产油超过60万吨，在非常规油气资源勘探新领域展现出新希望。双城断陷实现高效勘探、快速上产一体化组织，在松辽盆地北部深层勘探领域发现新富油凹陷，蕴含着新的勘探潜力。

“近年来，中石油油气勘探通过采取矿权内部流转、建立勘探对标管理指标体系等方式，不断创新管理机制和方法，激发了油气勘探的新活力。”中石油勘探与生产分公司副总经理何海清说。

推动勘探开发向高质量发展

高效勘探，是中石油在勘探开发中不断追求的目标。近年来，中石油进一步加大投入，强化顶层设计，细化工作方案，立足创新驱动，积极推动国内油气勘探开发向高质量发展。

为进一步调动油气勘探各参与方的积极性、主动性，破解规模增储难度大、新区新领域油气勘探徘徊不前、运行管理机制不畅等瓶颈难题，中石油设立专项投资实施风险勘探。

“这项创新举措充分调动了整个中石油集团公司的智慧和管理资源。”何海清表示，通过风险勘探，中石油发现了两个 10 亿吨级特大油田，以及多个亿吨级大油田，成为石油储量增长的主力，新增探明储量连续多年超过 6 亿吨。

今年以来，中石油把风险勘探投入资金从 10 亿元提升到 50 亿元，集中优势力量攻克增储上产重点地区勘探开发难题，待钻风险探井数量是 10 余年来最高值。

目前，中石油在多个主要油气产区均获得新成果。其中，柴达木盆地英中地区多口井测试获得高产，四川盆地磨溪 8 井区灯四段气藏水平井提产效果显著。同时，在非常规油气开发方面，也实现了多个突破。

下一步中石油将优化投资结构和资源配置，加大对资源潜力大、勘探效果好的西部大盆地的投入；加大风险勘探，积极准备接替领域，不断增强上游业务发展后劲；加快勘探方案实施，尽快把重大发现变成储量和产量；继续大力推进科技创新，依靠创新推动油气勘探向高质量发展。

研究快讯

[1] 2019 年，斯伦贝谢 (Schlumberger) 公司的研究人员在《One Petro》上发表了《实时 EM 展望：一项降低低斜度井钻井风险的成熟技术》(Real-Time EM Look-Ahead: A Maturing Technology to Decrease Drilling Risk in Low Inclination Wells) 的研究成果。具体详见：

<https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2019-GGGG>

[2] 2019 年，英国石油公司 (BP) 和斯伦贝谢 (Schlumberger) 公司的研究人员在《One Petro》上发表了《先进的 LWD 油基泥浆成像(ObM)技术在亚盐深水环境中的应用》(Advanced LWD Oil-Based Mud (ObM) Imaging in Challenging Sub-Salt Deepwater Environments) 的研究成果。具体详见：

<https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2019-EEEE>

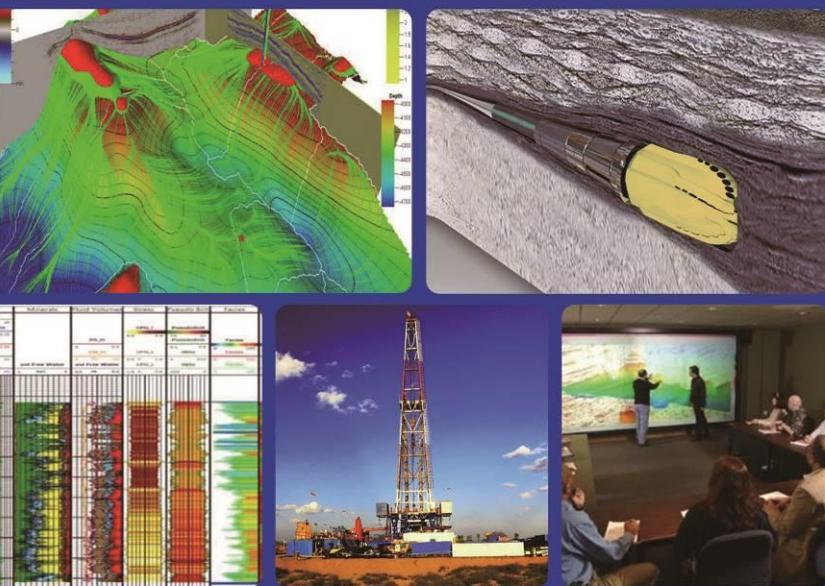
[3] 2019 年, Depth Solutions, DwpD Ltd 公司的研究人员在《One Petro》上发表了《优化井深测量质量: 沿孔深度不确定度的量化》(Well Depth Measurement Quality Improvement: Quantifying Uncertainty for Along-Hole Depth) 的研究成果。具体详见: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2019-VVV>

[4] 2019 年, Oliden Technology 公司的研究人员在《One Petro》上发表了《HTHP 侧向阵列电阻率和随钻成像工具的现场测试》(Field Test of a HTHP Laterolog-Type Array Resistivity and Imaging While Drilling Tool) 的研究成果。具体详见:

<https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2019-WWW>

[5] 2019 年, 贝克休斯 (Baker Hughes) 和 GE 公司公司的研究人员在《One Petro》上发表了《一种新的多频阵列介质测井服务: 工具特点、现场测试和二叠纪盆地沃尔夫坎普页岩的案例研究》(A New Multi-Frequency Array-Dielectric Logging Service: Tool Physics, Field Testing, and Case Studies in the Permian Basin Wolfcamp Shale) 的研究成果。具体详见:

<https://www.onepetro.org/conference-paper/SPWLA-2019-W>



主 办：中国科学院智能导钻先导专项项目组
承 办：中国科学院武汉文献情报中心
专 辑 主 编：底青云
执 行 主 编：魏 凤
主要人员：周 洪、邓阿妹、郑启斌、高国庆等
地 址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号
邮 编：430071 电 话：027-87199180
传 真：027-87199202
E-mail：weif@mail.whlib.ac.cn

