

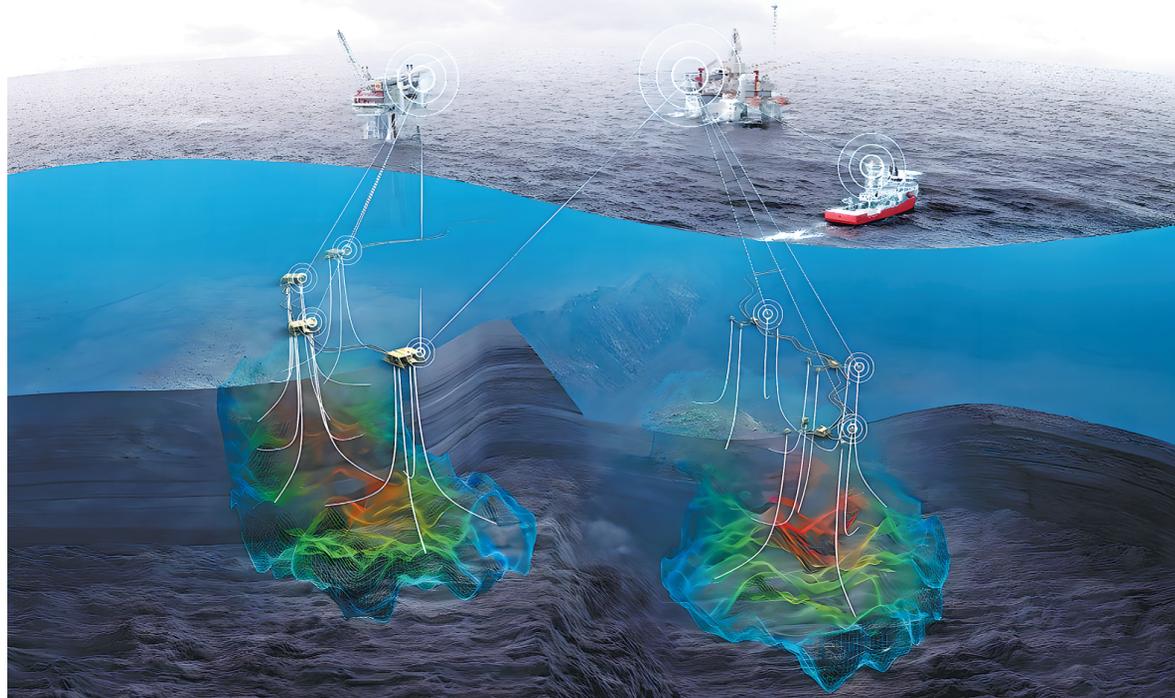


数字孪生:智慧油气工程的未来之路

阅读提示

数字化转型的关键是实现物理世界与数字信息世界的相互融合。数字孪生具有实时映射、迭代优化、深度分析、高效决策等特点,作为沟通数字虚拟世界和现实物理世界的有效方法被广泛应用于众多行业。基于油气藏系统的数字孪生体构建油气开发业务新模式,正在成为油气行业数字化转型和智慧油气田建设新的发展方向。本版围绕智慧油气藏数字孪生技术体系架构、技术进展等方面进行深入分析研究,敬请关注。

►海洋油气开发数字孪生系统。
(来源:FutureOn)



□光新军

近年来,在全球能源变革、国际政治经济格局多变的格局下,为应对资源品质劣化、能源转型、绿色发展等挑战,数字化转型已成为全球领先油气公司的共同选择。

智慧油气藏数字孪生技术是将油气物理资产进行虚拟映射,实现油气藏开发全过程动态描述、诊断、预测、决策的关键核心技术,是实现油气产业数字化转型升级的核心技术手段,对保障国家能源安全具有重要战略意义。

智慧油气藏数字孪生技术进展及挑战

目前,国内外油气公司竞相抢占智慧油气藏数字孪生技术制高点,bp、埃尼、挪威国家石油等公司将动态数字孪生系统技术应用到油气田开发,优化生产流程,以最大程度提高油气采收率。哈里伯顿、eDrilling、Aker Solution等油服公司构建了建井数字孪生系统,实时监控、分析和预测地面装备、建井井下动态参数等,实现智能化作业,提高建井作业效率。国内石油企业也开始将数字孪生技术应用到油气工程领域,并取得了积极进展。

针对智慧油气藏数字孪生技术体系架构中的数据感知、数据管理和场景应用三大组成部分,目前我国智慧油气藏数字孪生技术专利布局和技术研发主要存在三个方面的问题。一是数据感知领域以跟随为主,

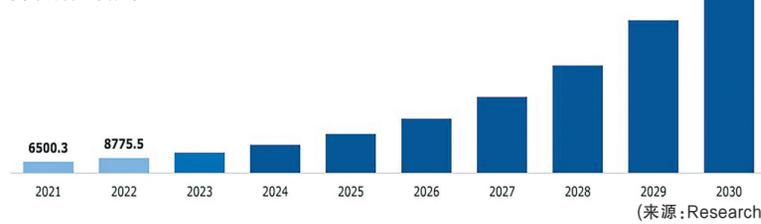
关键技术“卡脖子”问题风险较大。相较斯伦贝谢等国外油服公司,我国企业在钻头前探、增强反演、方向电阻率成像等随钻测井技术和光纤测井技术领域专利布局和技术研发还处于起步阶段,与国外差距较大。二是数据建模研究深度不够,影响智慧油气藏数字孪生作用的发挥。哈里伯顿、沙特阿美、斯伦贝谢近年的专利都集中于利用机器学习、深度学习方法进行实时数据的综合获取、优化或预测,我国专利多集中于解决单项参数的优化及预测。三是海外布局专利少,技术影响力不大。国外油服公司注重全球化布局,在多个地区设置研发团队。国内企业与科研院所主要面向国内油气资源开发,海外专利布局较少。

智慧油气藏数字孪生技术重点突破方向

数字孪生是支撑油气工程数字

全球数字孪生技术市场发展趋势

(单位:百万美元)



(来源:ResearchDive)

化转型的综合技术体系,技术在发展,应用在深化,体系在演进,其应用推广也是一个动态的、演进的长期过程。数字孪生的核心包括平台、数据和模型,国内石油企业在数据采集、算法模型积累和开放平台开发等方面存在诸多短板,成为制约数字孪生发展的瓶颈。当前,要坚持需求牵引和价值导向,在加大基础研究攻关力度的基础上,以需求迫切、基础较好、潜力巨大的应用场景作为突破口,在重点领域、关键环节率先实现突破,树立一批典型模式和样板工程。

一是开展数字孪生技术基础前瞻研究。围绕数字孪生技术涉及的大容量数据感知、多类型数据融合与交互、模型机理进行研究;开展大容量高带宽测量、随钻地层高精度测井、光纤传感、随钻地层机器人等技术研发,为数字孪生提供数据基础;开展油气数据云存储、大数据共享与安全技术研究,依托统一的数

据标准将纷乱的数据进行规范化处理,结合业务逻辑完成数据清洗,汇聚形成统一的数据湖,供建模及应用开发使用;开展油气藏开发智能优化、风险预警、油气藏可视化等技术研究,结合大数据、人工智能技术,构建建井-储层建模新方法、新算法,形成智能化地质工程一体化建模技术,提高建模效率和模型精度,为作业方案自动模拟优化提供支撑。

二是开展油气装备数字孪生技术研究。以油气装备设计、管理平台为基础,开展钻机装备、压裂装备、随钻测量系统、井下提速工具等数字孪生技术研究,构建装备设计、制造、使用、管理、维护等生命周期数据之间的关联,预见产品质量,进行现场试验数据验证,优化装备性能,改进生产工艺,实时掌握装备的任务数据、环境数据、维修保障数据,实现油气装备全领域、全生命周期的实时管理和监测。

三是开展井筒数字孪生技术研究。以钻井地质环境因素描述为基础,充分利用已钻井和已钻地层的数据信息,开展完井设计、井眼轨迹导航、钻完井作业参数优化、井下风险预警等数字孪生技术研究,采取基于数据驱动的机器学习方法,建立油气井钻完井预测模型,构建钻完井物理空间与虚拟空间交互映射,融合共生的现实场景,实现钻完井效率从“事后评价”向“事前预测”的转变。

四是开展油气藏数字孪生技术研究。以数字化油田为基础,深度挖掘已有油气勘探开发数据资源,融合应用互联网、云计算、大数据技术,探索油气产能预测、生产参数优化等油气勘探开发数字孪生实施途径,构建油气勘探开发物理空间与虚拟数字空间交互映射、融合共生的数字孪生场景,研究形成油气高质量勘探、经济有效开发的新技术和模式。

五是搭建智慧油气藏地质工程一体化数字孪生平台。基于持续汇聚的数据湖,构建不断动态更新的地下数字孪生体,并以此为核心搭建智慧油气藏应用平台,以统一的数据模型与技术体系进行业务应用开发,以满足不同场景的应用需求。平台通过增强地球物理、地质学、油藏工程、钻完井和生产领域之间的互通性,打破学科界限,真正实现技术一体化,并实现系统开放共享,通过开源处理为甲方和合作伙伴提供一个开放、可扩展的数字孪生生态系统。

关于智慧油气藏数字孪生技术

■ 体系架构

以油气勘探开发技术为主线,以数字化技术为支撑,根据智慧油气藏数字孪生技术链,其体系架构主要包括数据感知、数据管理和场景应用等三部分。

应用层	钻井建模与实时优化 完井压裂建模与实时优化 生产建模与实时优化
数据管理层	数据存储 数据处理与识别 数据共享与安全
数据感知层	井筒感知(随钻参数测量、随钻测井) 储层感知(分布式光纤传感、微震测量系统)
物理层	油气藏

(1) 数据感知

数据感知主要分为井筒感知和储层感知,用于为数字孪生油气藏模型构建和动态更新提供实时高精度数据支撑,是数字孪生油气藏的基础。

(2) 数据管理

数据管理分为数据存储、数据处理与识别、数据共享与安全,用于对测量的多源多类型非标准数据进行处理和管

理,为数字孪生油气藏提供标准化数据。

(3) 场景应用

场景应用是数字孪生油气藏建模和动态更新的核心和目的,旨在提高油气藏勘探开发效率和智能化水平。根据油气藏勘探开发流程,主要包括钻井建模与实时优化、完井压裂建模与实时优化、生产建模与实时优化。

■ 技术进展

(1) 油气装备数字孪生

利用数字孪生技术将油气装备物理实体与数据分析技术相融合,通过存储在云平台上的深度学习模型,自动检测设备缺陷和异常情况,提供潜在故障的早期预警,根据风险制订检测计划,避免不必要的常规周期检测维修。

埃尼与塞班公司合作开发了钻井虚拟环境,将半潜式钻井平台虚拟化,可以在虚拟钻井平台上穿行、作业过程重现、安全互动虚拟体验、油气井操作模拟等功能。

(2) 油气井筒数字孪生

井筒数字孪生是真实钻井过程的

数字化呈现,可应用在设计、准备、培训、实时预测等建井全生命周期的各个环节,用于优化钻井作业参数、井下风险预警和智能导航等,提升作业效率。数字化转型时期,通过模拟和预测分析未提高钻井效率尤为关键。

eDrilling公司应用数字孪生技术,构建形成了一套钻井数字孪生系统,主要目的是提高钻井效率、缩短非生产时间。该数字孪生系统基于物理基础模型,使用地面和井下实时钻井数据进行实时建模,以监督和优化钻井过程。

(3) 油气藏数字孪生

油气公司正在建设油气藏数字孪

生体,通过安装在井筒内的传感器,获取井筒内的工具和设备信息及储层状态信息,可将井的状态、设备的运行状态与井的生产状态结合在一起,实现油气藏的最优化开发。

挪威软件公司FutureOn将其FieldAP应用程序及基于云的数据管理平台FieldTwin与Bentley Systems公司的iTwin平台相结合,实现了数据管理和可视化开发设计、建模分析的融合,帮助构建海洋油气开发数字孪生,提升油气上游勘探开发设计水平,使油公司能够进一步提高工程作业性能、运营和盈利能力。

■ 应用关键

(1) 多类型数据测量与传输

智慧油气藏数字孪生涉及数字盆地、数字油田和数字建井,关键是数字模型与物理实体的交互,即实时或实时反映物理实体的动态变化。主要对油气藏各类相关数据的实时测量、传输和在油气藏数字孪生体上的数据交互及更新。油气藏数字孪生体构建需要多类型数据支撑的同时,还需要保证数据测量和传输的实时性,以及数据测量的频率、精度、可靠性和稳定性。

(2) 多尺度数据融合与交互

智慧油气藏涉及地球物理学、地质学、油藏工程、石油工程、岩石力学、数学和计算机等众多领域,油田勘探、开发和生产数据具有尺度跨度大、类型多、数据量差异大、分辨率差异大等问题,将这些不同尺度的数据进行集成利用是智慧油气藏数字孪生体构建的数据瓶颈,需要实现数据汇聚、标准化、处理、存储、管理、共享,并提高联网安全性,保护物理和虚拟设施免受网络攻击。

(3) 应用场景建立及机理研究

围绕油气勘探、开发、生产、运行等业务领域建立应用场景,依托油气藏数字孪生体为其提供智能化应用支持,才能实现为油气行业赋能的目标。围绕各种应用场景,模型构建、算法优化是数字孪生技术的核心,需要开展基于先进的人工智能、机器学习等理论方法研究,建立工具装备实时监测、油气井设计、钻井参数优化、风险预测、生产优化等方法。

节能降碳中央预算内投资专项管理办法出台

4月8日,国家发展改革委印发《节能降碳中央预算内投资专项管理办法》,明确专项资金重点支持范围和标准。重点支持内容包括碳达峰碳中和先进技术应用及示范项目、重点行业和重点领域节能降碳项目、循环经济助力降碳项目等。

以上支持范围中,列入绿色低碳先进技术示范项目清单的,按支持资金不超过项目总投资的30%控制,其他碳达峰碳中和先进技术应用及示范项目、重点行业和重点领域节能降碳项目支持资金按不超过项目总投资的20%控制,循环经济助力降碳项目支持资金按不超过项目总投资的15%控制,单个项目支持资金原则上不超过1亿元。中央和国家机关有关项目原则上全额安排。

我国将在工业领域实施多行业设备更新

4月9日,工业和信息化部、国家发展改革委等七部门联合印发《推动工业领域设备更新实施方案》,提出实施先进设备更新行动、实施数字化转型行动、实施绿色装备推广行动、实施本质安全水平提升行动四方面重点任务,围绕推进新型工业化,以大规模设备更新为抓手,以数字化转型和绿色化升级为重点,推动制造业高端化、智能化、绿色化发展。

方案提出,到2027年,工业领域设备投资规模较2023年增长25%以上,规模以上工业企业数字化研发设计工具普及率、关键工序数控化率分别超过90%、75%,工业大省大市和重点园区规模以上工业企业数字化改造全覆盖,重点行业能效基准水平以下产能基本退出、主要用能设备能效基本达到节能水平,本质安全水平明显提升,创新产品加快推广应用,先进产能比重持续提升。

特大型现代化矿井项目获核准

4月9日,国家发展改革委正式核准孔兑沟矿井及选煤厂项目,这是近一年多来内蒙古自治区第一个获得核准建设的特大型现代化矿井项目。

孔兑沟矿井项目是国家规划的准格尔矿区重点开发项目,矿区范围39.87平方公里,资源储量8.29亿吨,煤种以长焰煤为主,是品质较好的动力用煤。核准建设规模700万吨/年。项目建成后,产品煤可向呼准铁路—蒙冀铁路—曹妃甸港外运,沿沿线及中国大唐集团公司沿海电厂供煤。

渤海亿吨级油田开发建设正式启动

4月10日,随着垦利10-2油田Ⅰ期/垦利10-1油田A54井块开发项目在天津、青岛等地的三个场地同时开工建设,亿吨级大油田垦利10-2油田正式进入开发建设阶段。

垦利10-2油田位于渤海南部海域,距离天津市约245公里,平均水深约15.7米,是中国海上油气藏,原油探明地质储量超过1亿吨。该项目包括在垦利10-2油田新建1座中心平台、2座无人井口平台、新铺7条海底管道和4条海底电缆等,是实现2025年渤海油田上产4000万吨及稠油300万吨年产能建设目标的关键项目。

全球首个面向新型能源系统的储能解决方案发布

4月11日,远景储能正式发布全球首个面向新型能源系统的全新智慧储能系统——EnPower智慧储能。这也是全球首个“交直一体”5.6兆瓦时储能系统。

作为新型能源系统的基础单元,EnPower智慧储能根据新型能源系统的需求进行设计,适合储能大规模、高性能部署,并融合了AI和新型能源系统技术,将推动储能与电力市场、电力系统“更佳集成”,助力高比例新能源电力系统高效、稳定运行。相比现阶段市场主流产品,EnPower智慧储能全生命周期度电成本可降低45%，“交直一体”结构在生命周期内性能表现更佳、运维更便利,适合储能大规模、高性能部署,助力新型能源系统构建。

(素材源自国家发展改革委官网、工业和信息化部官网、新华社、中国大唐集团公司官微、远景储能官微)