

人工智能在石油工业中的应用现状探讨

林伯韬^{1,2*}, 郭建成^{1,2}

1 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

2 中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 102249

* 通信作者, linbotao@vip.163.com

收稿日期: 2019-07-25

国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”课题4“页岩气排采工艺技术与应用”(编号: 2017ZX05037-004)资助

摘要 人工智能随着计算机、机器翻译、自然语言处理等相关软硬件的发展而诞生, 由于其出色的预测、分析、决策和计算能力, 开始引领工业 4.0, 石油工业的智能化也由此被大力推进。本文从石油工业标志性的人工智能发展事件出发, 阐述了近年来世界顶尖石油公司与互联网科技公司的创新合作, 介绍了石油工业人工智能技术迄今发展的水平。发现人工智能技术应用范围已从上游的勘探、开发、生产贯穿至下游的运营、销售、投资, 可显著提高油气行业的效率和效益; 然而, 目前通常采用的定制化人工智能技术距离通用性人工智能技术还存在较大距离。笔者认为石油工业的智能化趋势对石油从业者提出了更高的要求, 其中专业知识和能力、数学能力以及编程水平将成为决定石油工业人工智能人才成才的关键因素。同时, 未来石油行业的智能化发展是行业+人工智能的不断进化, 以行业专业知识与技能为根基, 侧重于优化预测和自动化能力的发展, 以期最终形成贯穿石油工业全产业链的智能化物联网。

关键词 人工智能; 石油工业; 大数据; 云计算; 自动化

Discussion on current application of artificial intelligence in petroleum industry

LIN Botao^{1,2}, GUO Jiancheng^{1,2}

1 State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China

2 College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China

Abstract The artificial intelligence (AI) was born with the development of hardware and software such as computer, machine translation and natural language processing. Because of its outstanding capacities including prediction, analysis, decision making, and computing, it has begun to lead the progress of industry 4.0 and promoted the advances of the petroleum industry. This article begins by introducing several key AI events in the petroleum industry, then narrates the creative collaboration between the world-leading oil companies and the internet companies, as well as the current level of development of AI. It is discovered that the application of AI has been implemented throughout the upstream (exploration, development, production) to the downstream (management, sales, investment) channel, and has dramatically increased the efficiency and profit of the industry. However, the present specialized AI is still at a noticeable distance from the general AI level. The authors believe that the AI development of the industry requests higher capacities of the professionals adept at professional knowledge and skills, with advanced mathemat-

引用格式: 林伯韬, 郭建成. 人工智能在石油工业中的应用现状探讨. 石油科学通报, 2019, 04: 403-413

LIN Botao, GUO Jiancheng. Discussion on current application of artificial intelligence in petroleum industry. Petroleum Science Bulletin, 2019, 04: 403-413. doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2019.04.036

ical capacity and level of programming. Meanwhile, the future advancement of AI in the petroleum industry shall be first based on the progress of the industry itself plus the aid of the AI techniques, especially optimized prediction and automation, so as to finally form an intelligent internet of merchandises that connects the entire industry chain.

Keywords artificial intelligence; petroleum industry; big data; cloud computing; automation

doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2019.04.036

0 引言

数据智能、人工智能和虚拟现实,已成为油气智能勘探开发及生产的关键技术^[1]。现阶段随着人工智能技术的不断发展,石油行业越来越认识到油气行业智能化是推动行业发展的必要动力。油气行业的日常活动总是需要不断解决错综复杂、变幻莫测的难题;特别是针对油气勘探开发和生产领域遇到的各种非线性问题,通常需要做出高风险的决策^[2],同时提升决策的精确性和科学性^[3]。这些需求促使人工智能在石油工业领域的应用成为必然。

人工智能在石油工业领域的应用研究已有数十年历史,范围涵盖勘探开发、开采设备设计、钻井采油直至公司运营等各个环节。人工智能在石油行业意味着效率和效益,在全球油气大环境下,降本增效成为各个国家首要选择,而人工智能的应用能成为有力武器。目前,油气行业智能化的趋势已经不可阻挡。自2000年开始,石油工业领域对人工智能的研究开始呈井喷式增长,2010年之后公开发表的SPE系列(One Petro数据库)研究文章增速显著,自2017年起每年在该数据库发表的文章已超过200篇^[4]。近年来,神经网络、基因优化到模糊逻辑等人工智能技术的应用已迅速贯穿油气勘探、钻井、开发、生产管理的全生命周期^[5]。

1 人工智能概述

1.1 人工智能简述

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)在2017年我国的政府工作报告中,首次上升为国家战略:全面实施战略性新兴产业发展规划,加快人工智能等技术的研发和转化,做大做强产业集群^[6]。这也为油气行业与人工智能的结合提供了契机。

人工智能的核心思想是让机器能够自主判断,完全或部分代替人类决策,并使解决问题的工作效率最大化和收益最优化。人工智能是研究、开发用于模拟、

延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新兴的技术科学^[7]。它试图了解智能的实质,并创建一种能以类似人类智能的方式做出反应的智能机器。该领域的研究方向包括机器人、语言识别、逻辑推理、智能控制、图像识别、自然语言处理和专家系统等^[8]。人工智能是对人的意识、思维的信息过程的模拟。人工智能不是人的智能,但能像人那样思考,也可能超过人的智能。从智能程度来分,它主要包括弱人工智能、通用人工智能和强人工智能。弱人工智能包含基础的、特定场景下角色型的任务,如Siri等聊天机器人和AlphaGo等下棋机器人;通用人工智能包含人类水平的任务,涉及机器的持续学习;强人工智能指比人类更聪明的机器。目前来说,人工智能产业已发展到通用人工智能的水平。

人工智能随着电子计算机、机器翻译和自然语言处理(NLP)的发展逐渐成型。它正式诞生于20世纪50年代的达特茅斯会议,紧接着随着搜索式推理和聊天机器人的发明进入了乐观思潮时期。人工智能在20世纪八九十年代由于没有达到预期的效果步入低谷期,投入削减,研究进度放缓。但是随着机器学习和深度学习的兴起,人工智能再次走向工业前台^[9]。现在随着大数据技术的应用,人工智能开始逐步引领工业4.0,促使人类社会进入应用信息物理融合系统(CPS)的时代(见图1)。信息物理融合系统CPS是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统,通过3C(Computation, Communication, Control)技术的有机融合与深度协作,实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息服务^[10]。

1.2 人工智能的发展阶段

人工智能在近年来实现了飞速发展,促使越来越多的新产品面世。Gartner^[11]新兴技术成熟度曲线(图2)揭示了三方面的未来趋势:(1)无处不在的人工智能;(2)透明化身临其境的体验;(3)数字化平台。人工智能作为新兴的技术可以解决现实中大多难以解决的难题,无处不在的人工智能推动各个行业的发展。它是推动透明化身临其境体验技术发展的主要动力;

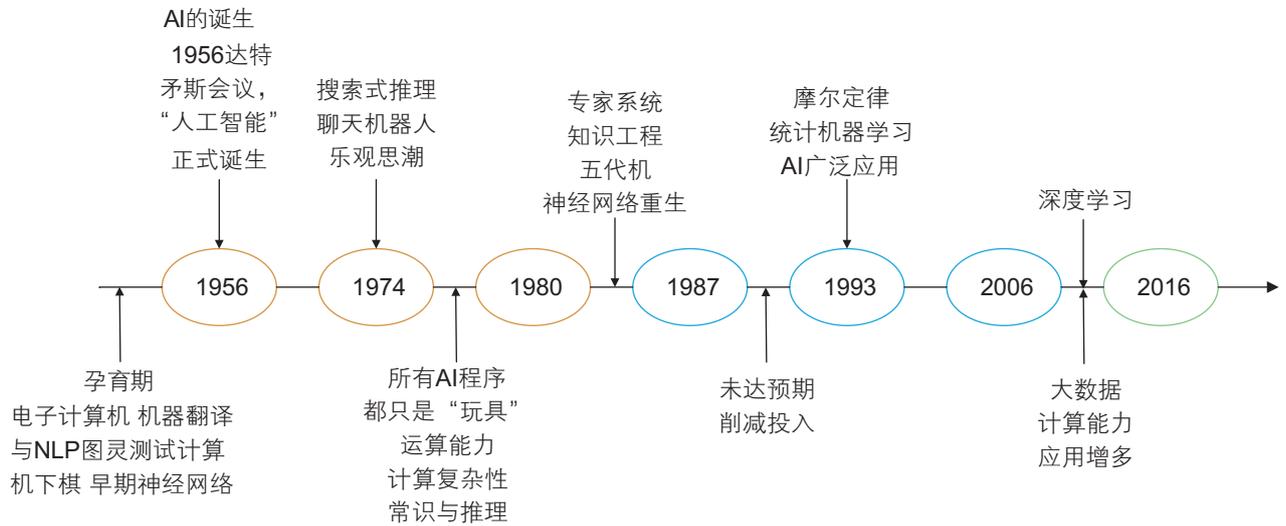


图 1 人工智能的发展历程 (改自王海峰^[9])

Fig. 1 Historical progress of artificial intelligence (modified from Wang^[9])

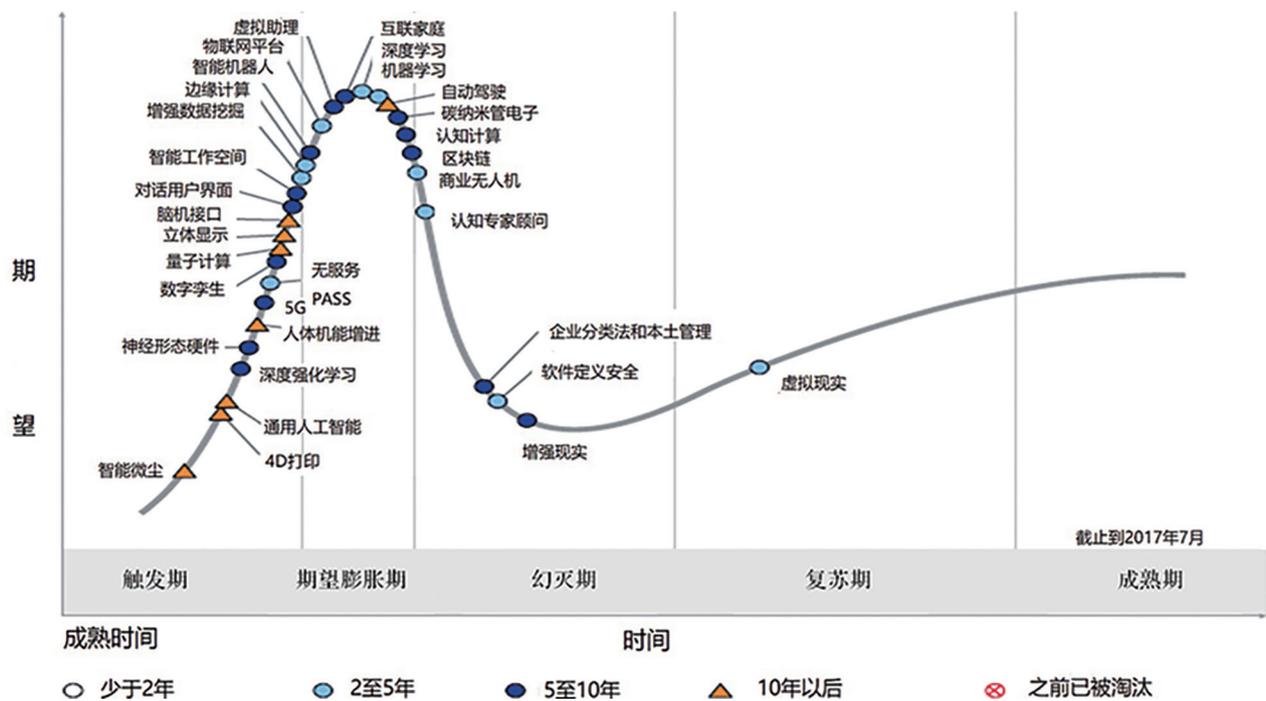


图 2 人工智能的发展阶段 (改自 Gartner^[11])

Fig. 2 Progressive stages of artificial intelligence (modified from Gartner^[11])

其中互联家庭、人体增强等随着技术演变更加适应工作场所和家庭环境的数字平台在曲线上处于快速上升期，而量子计算和区块链将在今后 5—10 年内带来变革性的影响。

我国在人工智能技术上发展较快，主要有以下三个原因：首先国内人工智能市场巨大，这也引起了大批国人的关注，据统计，有 43% 的人工智能论文产自国内^[12]；同时，众所周知，中国年轻人数学非常好，

也愿意追逐热门行业，可以快速训练出大批的人工智能工程师团队；此外中国对人工智能的约束相对较少，政府政策的鼓励和社会对隐私的宽容度也给人工智能的工作者提供了广阔的施展空间^[13]。这些现象说明中国人非常适合发展人工智能，不久的将来，我国的人工智能技术将会迎来质的飞跃。

石油工业对人工智能技术的渴求日益增加。无论是诸如地震资料处理、井身结构优化、分层注水等科

学研究还是水力压裂、预测产量等现场应用方面,都对新一代石油工业从业人员在数据分析、智能化调控能力方面提出了更高的要求,也在重塑石油工业人才需求的标准。此外,随着石油资源的不断开采,地球越来越面临资源枯竭的威胁,未来的资源开采必定扩展到极地深海等危险地带。保证人员安全、效率和效益迫切需要人工智能与油气技术的紧密结合。

2 石油工业与人工智能的跨界融合

近年来,全球各大顶尖石油公司纷纷加快与新兴计算机科技(IT)公司的联合创新,发展适用于石油行业的人工智能技术,力求为石油天然气的勘探开发提供全新的智能解决方案,以期孕育新的油气革命。本文选取五个标志性事件进行阐述。

2.1 国外石油公司与科技公司在人工智能上的联合创新

2.1.1 道达尔牵手信息技术领跑者谷歌^[14]

2017年4月,道达尔正式对外宣布和谷歌云部门签署框架协议,主动拥抱智能创新,联合发展石油工业领域的人工智能技术。油气勘探开发中地质数据的处理分析是道达尔此次人工智能技术率先应用的领域。在石油勘探开发中,搜集整理地质数据是至关重要的环节;目前,由于各种技术限制,大量的油气资源无法高效开采出来,迫切需要地质建模更加精细化。但是由于技术问题,如地质数据不全或建立的地质模型存在较大误差(如地质甜点分析、定位不准),在严重情况下甚至使建立的地质模型无法使用,从而影响整个油田的开发。大量地质数据的采集处理是目前地质科学家和石油工程师都无法完全解决的难题;而人工智能的应用则具备解决该难题的巨大潜力。

人工智能当中的模糊逻辑技术(Fuzzy Logic)^[15]能够处理“不完备”和“不完美”的数据。利用模糊逻辑处理勘探地震数据,做出靠人力难以实现的预测,从而更精细地描述油田的地质模型。道达尔和谷歌合作开发了一套能够解释地层图像的人工智能程序,该程序能够利用计算机成像技术实现地震数据的机器学习,并利用自然语言处理技术自动分析数据文件,从而建立更加精确的地质模型。

2.1.2 壳牌与微软在人工智能领域开展合作^[16]

壳牌和微软在2017年实现联手,决心在定向钻井方面实现人工智能化,推动钻井技术的进一步发展。定向钻井技术目前已经十分成熟,广泛应用于页岩气的开发,但是这一技术依然需要耗费大量的人力、

物力:由于需要在工作过程中应对各种突发状况,高技能的工程师在该过程中必须不断开展决策。为了提高决策的正确性并简化操作流程,壳牌和微软研发出了相应的解决方案——Shell Geodesic。Shell Geodesic能够实时收集钻井数据并自动做出决策。更为特别是这款应用的钻井仿真器可通过机器学习和控制算法软件,呈现给地质学家和钻井人员更为逼真的油气层图像。同时,微软将其Bonsai平台和“强化学习”技术进行了融合,使得机器能够像人一样学习。Bonsai平台可将指令翻译成算法,建立神经网络,并训练模型实施工作人员所期望的行为。这一技术有望让旋转导向系统自动学习,优化钻井导向过程。

2.1.3 哈里伯顿与微软开展深度合作^[17]

2017年,微软和哈里伯顿开展深度合作,推出基于Azure系统的Decision Space 365软件产品。Decision Space 365可以通过物联网实时传输油田现场的数据,并通过建立相应的深度学习模型,实现钻井和生产的优化以降本增效。Decision Space 365可以通过大型计算和深度学习算法功能精确填补数据,实现更深层的地层模型的建立。随着合作的深入,二者还将应用微软的HoloLens和Surface设备,利用声音和图像识别、视频处理、增强现实、虚拟现实等技术,实现实物资产的数字化表征。此外,二者还将综合利用Landmark Field Appliance和Azure Stack系统,在物联网终端实现油井和泵的数字化表征。

2.1.4 Noble Energy石油公司发展人工智能技术^[18]

Noble Energy建立了自己的数据分析平台,在将两千余口井的数据放进数据平台分析后,利用大数据分析不同含油层对水力压裂和水平钻井的反应,其对最佳钻井位置预测的误差仅有几英尺。在钻井过程中,该公司通过位于休斯顿的控制室可实时控制所有钻机。诸如调整钻头速度以适应更加坚硬的岩层这样的动态调整工作,可根据数据库里面类似场景的数据,依托该系统迅速做出最佳决策。该公司如今可在5天内钻出一条两英里长的水平井,而过去从事同样的工作则需要两周以上的时间。

2.1.5 斯伦贝谢实现人工智能落地化^[19]

斯伦贝谢为应对不断发展的石油行业推出了一款新软件——DELFI勘探和生产环境感知。这是一款多维环境软件,将设计与作业整合到一起。通过把人工智能、数据分析和自动化多个技术领域的优势集合在一起,使得勘探开发工作更加智能化。该软件集成几乎所有石油工业的通用性的现有专业知识,可用于解决复杂的油气行业技术问题。它的认知模式扩大了每

个独立行业专家的专业技能,使用户通过学习系统,自动完成任务和访问丰富的数据资源,从而快速获取最佳结论,由此开拓了一种全新的工作方式。

2.2 国内石油公司与科技公司在人工智能上的合作

近年来,国内石油领域人工智能的发展迅速,但总体来说水平较国外发达国家存在较明显的差距。人工智能产业的三层生态结构分别是基础资源层,技术层和应用层^[20]。基础资源层主要是计算平台和数据中心,属于计算智能,例如阿里巴巴公司旗下的阿里云计算平台,主要用以从事数据挖掘;技术层是通过机器学习建模,开发面向不同领域的算法和技术,包含感知智能和认知智能,例如语音识别、图像识别、预测类应用程序编程接口(API)等;应用层主要实现人工智能在不同场景下的应用,如无人驾驶汽车、智能家居、智能金融等。

目前国内石油行业的人工智能水平主要发展到基础资源层。以国内两家代表性企业为例:2017年4月,中石化携手华为推出面向石化行业的智能制造平台^[21],开发集中数据管理方法并支持多个应用程序之间的数据集成,以优化其工厂化运营。2018年11月,中石油旗下的北京中油瑞飞信息技术有限责任公司联合大庆油田、辽河油田、长庆油田等多家中石油子公司发布了中国油气行业第一个智能云平台“梦想云”,并获得斯伦贝谢、华为、微软、腾讯云、阿里云、哈里伯顿、百度、甲骨文、灵雀云九家企业的技术支持。这一系统的推出标志着中石油实现了上游业务在数字化方面的重大转型升级。两家企业已经为石油行业的智能化做足充分的准备,其基础资源层已架构完毕,而在其它层面特别是应用层上则拥有了广阔的发展空间。

3 石油工业领域人工智能的发展现状

3.1 石油工业领域人工智能技术应用概况

目前石油工业上采用的人工智能技术通常是为解决某个特定工程问题而开发的定制化人工智能(specialized AI),并不具备通用性人工智能(generalized AI)的分析能力;但其极快的分析速度、超常的稳定性和远高于人力的可重复性这些优势,使得定制化人工智能在地震解释、钻井决策、工具优选、压裂优化、产量预测等石油工业各子领域得到广泛的关注与应用^[22]。具体应用涉及到以下六个场景:(1)石油开采设

备的设计、使用、检修和维护:通过数据驱动优化石油设备设计,通过建立相关模型并导入生产中积累的参数开展模拟,优化装备设计;(2)石油传输设备的智能巡检及安全预警:通过设备的实时信息传输及环境信息传输,开展潜在风险评估和及时预警;(3)开采操作流程的预测和优化:建模分析操作过程中的传输数据,优化操作流程,提高操作效率;(4)石油资源的预测:通过分析开采及生产过程中产生的数据,提高勘探的准确率和开发的生产率;(5)项目可行性研究:基于宏观经济形势,开采环境等大量数据,评估开采项目的盈利性与潜在风险;(6)石油公司的运营及后续服务:通过预测性运营服务,精准预测客户需求,完善公司运营服务。

3.2 石油工业领域人工智能技术的具体应用

一般来说,认知智能、大数据、云计算、机器学习、深度学习、自然语言处理和计算机视觉是石油工业上常用的一些算法和模式,将其综合应用于勘探开发工作,往往能取得卓越的应用效果。

3.2.1 认知智能、大数据分析和云计算在石油工业中的应用

认知智能是指机器具有主动思考和理解的能力,不用人类事先编程就可以实现自我学习。认知智能被应用于油藏开发预测上。比如英国BP石油公司和Beyond Limits公司合作开发人工智能软件,可以精确预测油藏地质甜点,优选井位(见图3)^[23]。

人工智能作为桥梁,搭建了自动化与最优化的通道,可为钻井现场施工提供优化分析后的决策意见,并通过预测性分析减轻钻井事故的影响^[24]。比如Zhu等人^[25]结合大数据和云计算,以实时快捷方式预测井壁失稳风险,有效缩短了钻井周期,减少了井下事故发生的几率。

3.2.2 机器学习在石油工业上的应用

机器学习是计算机通过模拟或实现人类的学习行为以获取新的知识或技能,重新组织已有的知识结构并使之不断改善自身的性能。机器学习常可分为带监督和不带监督两种学习类型。带监督的机器学习被应用于举升系统的选择优化上,例如泰国国家石油公司PTTEP的工程师采用决策树(Decision Tree)算法,分析考虑多因素(包括井的参数、生产条件、流体参数、油藏参数、地面设施、利润来源、供应商条件、HSE要求)的情况下,优选举升系统,发现与人工决策相比,极大优化了成本与产量;同时他们还发现在因素正向筛选过程中,决策树展现出较朴素贝叶斯

法(Naive Bayes)和传统的人工神经网络算法(Artificial Neural Network)更高的准确度和更低的时间成本^[26]。类似地,中石油的工程师综合带监督与不带监督的机器学习,采用深度循环网络算法(Deep Recurrent Network),分析了三万余口人工举升井的影响因素及各因素的影响权重,并借此训练网络,从而寻找最优的举升方案^[27]。

聚类算法属于无监督学习的一种模式,也是石油工业中常用的机器学习算法之一。在油田注水开发的

过程中,可以通过聚类算法进行流场识别。在流线模拟计算完成后,将数据导出,并通过Python编程语言进行后续数据处理及聚类分析,直观反映不同开发阶段水驱油藏流场分布。采用密度峰值聚类算法作为流线聚类的主要算法可量化处理流场,有效识别油藏中无效注水循环通道以及具有开发潜力的区域(见图4~5)^[28]。

3.2.3 深度学习在石油工业上的应用

深度学习是指强化的机器学习,通常依靠优化后

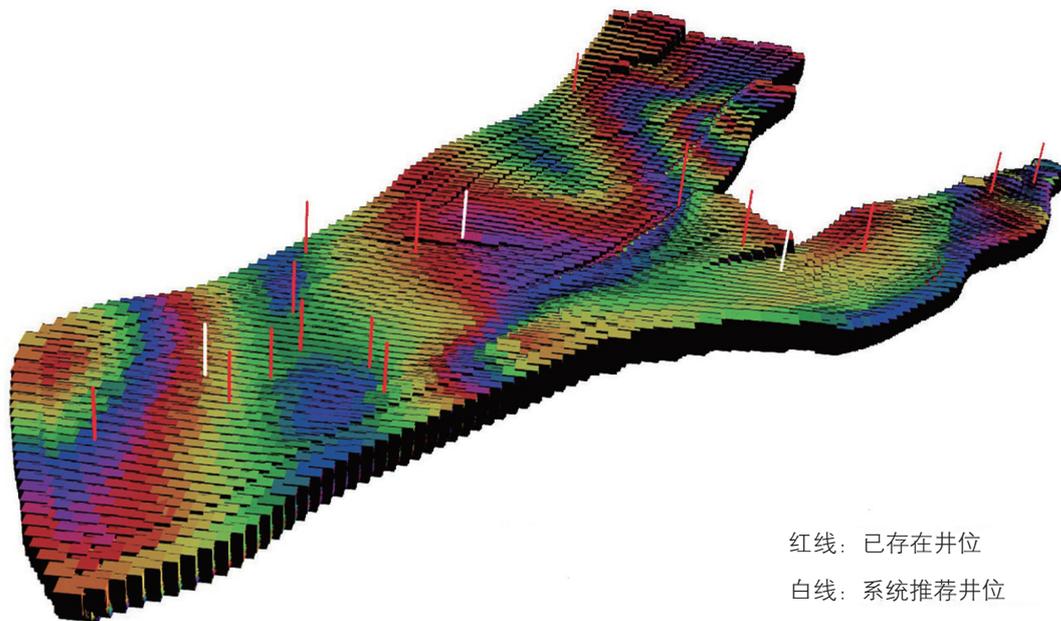


图3 AI软件优化井位^[23]

Fig. 3 Optimization of well location using an AI software^[23]

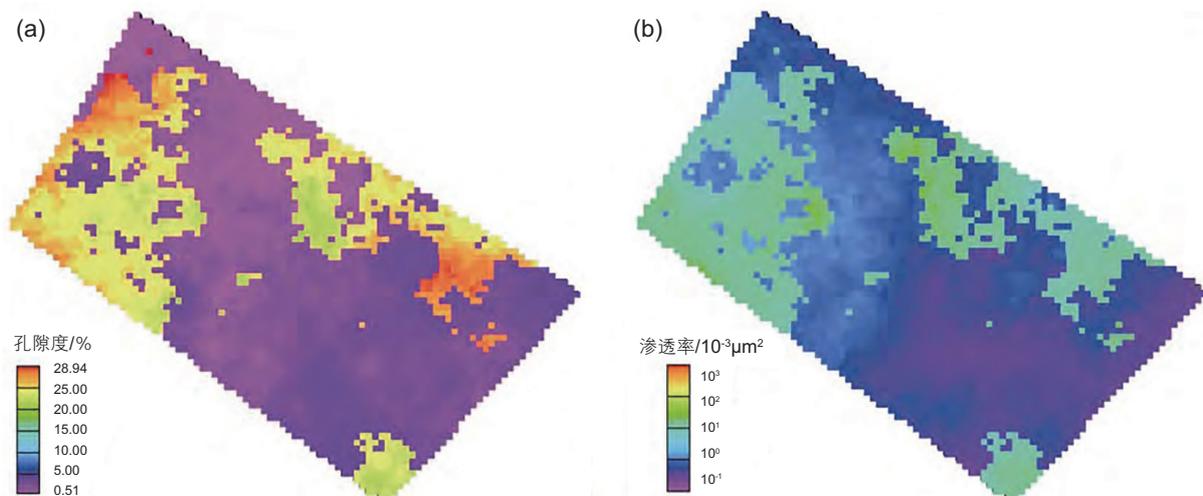


图4 某碳酸盐岩油藏孔隙度、渗透率分布^[28]

Fig. 4 Porosity and permeability distribution of a carbonate reservoir^[28]

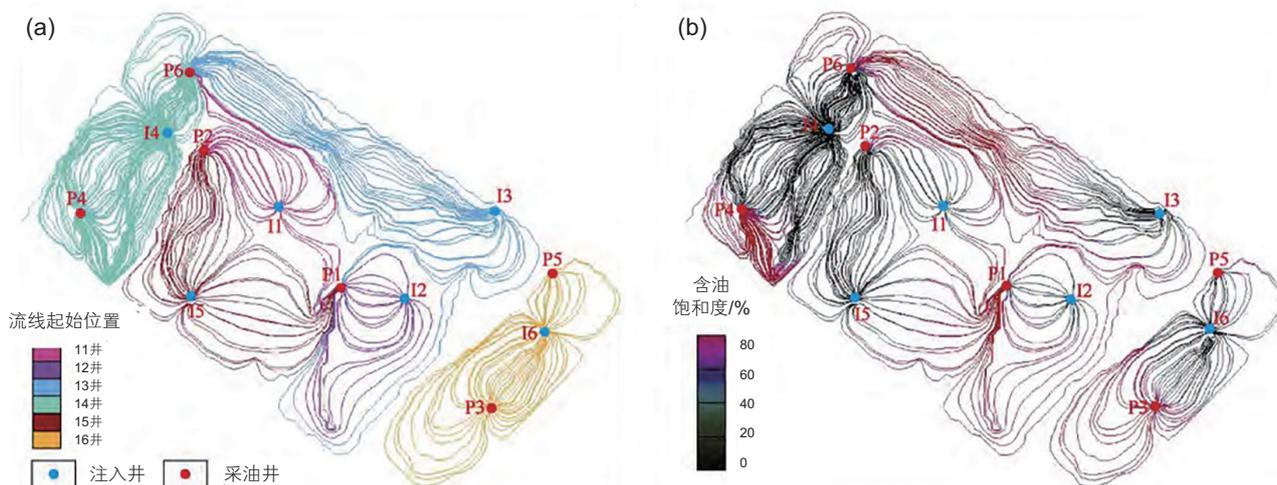


图5 通过Petrel RE软件生成的开发6年后流线分类(a)及流线油相饱和度分布(b)^[28]

Fig. 5 (a) Flowline classification (b) and streamline oil phase saturation distribution after six years of development generated by software Petrel RE^[28]

的人工神经网络算法来实现。人工神经网络是仿生人脑的神经网络开发的深度学习算法。虽然人脑的运算速度远不及计算机，但其生物神经网络的复杂程度远高于后者，因此可以轻易指导、指令、处理自主性的活动^[25]。

目前采用的人工神经网络算法大多为前馈反向传播神经网络，体现为多种由附加算法优化的子类型网络。Khan等人^[29]通过人工神经模糊干涉系统和支撑型矢量机器算法优化神经网络，将深度学习算法应用于人工气举井的采油速率预测，获得高达99%的预测精度；Abdulmalek等人^[30]采用人工神经网络方法基于孔隙压力和五个钻井参数(钻压、转速、机械钻速、扭矩和泥浆密度)训练3140个数据点后，预测另外785个数据点，获取了远比传统最常用的Matthew和Kelly模型更精确的预测结果。AlAjmi等人^[31]亦应用人工神经网络方法诊断、预测井下管柱的侵蚀程度并给出了智能化的修井方案。Al-Mashhad等人^[26]通过采用神经网络分析地表和油藏参数来预测多分支井的平均油液流量，较常用的Borisov关联算法相比，极大提高了预测精度。原油的黏度一般通过室内实验获取，但黏度与其它参数的关系曲线过于依赖诸多假设，使得其可靠性较低。Al-Amoudi^[32]等人采用人工神经网络方法训练也门某油田545个样品中70%样品的原油黏度并预测余下的样品，获取比传统方法更加精确的结果。Esbai等人^[27]应用机器学习方法，基于井场监测数据，定位乳化井段并自动选择每口井的最优处理手段。基于体积、压力、温度资料，Alarfaj等人^[33]应用人工神

经网络方法高效准确地预估了沙特某凝析气藏的露点。深度学习还可用于从随钻测井获得的测井资料解释各种岩石物理、力学参数。比如，Sultan等人^[34]通过采用自适应差分优化算法优化过的神经网络方法从测井资料中识别有机质含量TOC，较传统测井解释方法具备更高的识别精度。

3.2.4 计算机视觉与自然语言处理在石油工业上的应用

与计算机图形学结合，人工智能还能用于海上油田(钻井平台)仪表数据的实时拍照读取与分析，以简单易行的方式极大节约仪表升级的资本投入或运营成本^[35]。Du等人^[36]采用人工智能结合嵌入式离散裂缝网络(EDFM)来优化表征复杂裂缝网络，相比基于非结构化的裂缝网格模型，筛选识别主要裂缝的同时摒弃了次要孤立裂缝(见图6)，使得油藏模拟计算效率大为提高，显著减少了计算模拟的时间成本。

Gupta等人^[37]建立了耦合并下信息与生产特征的生产优化的智能化决策平台，可为提升常规、非常规资源的开发价值提供评估依据。Hojageldiyev^[38]通过自然语言处理技术(NLP)制作健康、安全和环保(HSE)相关知识和技能的自动问答系统，可全天候培训油气开发HSE相关的从业人员。

AI还可用于耦合跨油气子领域(人工举升优化、生产优化、海上平台停工时间管理)的多项创新成果，从而形成贯穿油气开采的全生命周期(勘探、钻井、油藏、生产)的一体化的解决方案^[39]。

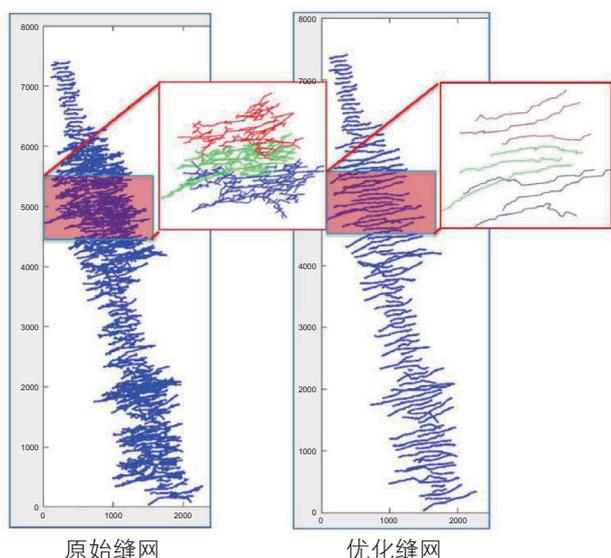


图6 裂缝网络的AI优化与简化(改自Du等^[36])

Fig. 6 AI optimization and simplification of a fracture network (Du et al^[36])

4 石油工业领域人工智能核心技术

作为石油从业者要想掌握人工智能,研发人工智能应用,不仅需要人工智能方面的技术能力,也要精通石油领域的知识。将人工智能引入石油工业界,需要解决行业的痛点问题;只有真正了解、掌握石油知识的从业者,才能明白行业、企业的需求,从而去解决复杂的特定问题;这也是将人工智能落地化的应用能力。同时,数学决定人工智能水平的上限,而编码能力决定其水平的下限;因此,要想掌握石油行业+人工智能,专业知识及技能、数学能力和编程水平缺一不可。

目前主流的人工智能编程语言主要有Python、R、Scala和Java,可以完成人工智能应用的主体需求。云计算、大数据、算法是构成人工智能的三大要素,通用人工智能技术逐渐融入主流云计算平台,并结合大数据分析服务石油工业。数据是其中非常关键的一环。满足人工智能训练精度所需要的数据量并无特定的规定,一般认为其与问题的复杂程度成正比;同时,数据的质量与数量也同等重要^[5]。中国第一批人工智能开放创新平台包括:百度公司的自动驾驶创新平台,阿里云公司的城市大脑创新平台,腾讯公司的医疗影像创新平台,科大讯飞公司智能语音创新平台。石油行业也需要建立自己的独特、开放的行业数据平台以推动石油行业智能化的发展。将诸如大数据、计算机

视觉、语音识别、自然语言处理、机器学习这些人工智能的主体技术应用到石油工业领域,创建石油行业的人工智能创新生态,必将成为本行业发展的必经之路。

5 石油工业领域人工智能未来发展趋势

人工智能的快速发展必然会引起石油行业的巨大变革,但终究会是石油行业+人工智能的不断进化。石油行业产业链条成熟,加入人工智能元素后会使得行业效率和效益产生明显提升。同时,未来人工智能的发展需要将“黑匣子”的分析逐步转化为“透明匣子”的展示,即让人工智能技术与石油天然气工程的理论、技术深度融合,充分解释物理、力学、化学机理导致的各种逻辑规律^[5]。

石油行业未来人工智能的发展主要在于优化预测和自动化的能力。人工智能可针对石油天然气的生产、平衡和消费等方面提供独特的解决方案,并应用于生产方、传送方和消费方。人工智能是一个自我学习和演算的应用过程,而非模仿人类工作的编程方式,即其能够集合人类擅长的例如视觉感知、理解、沟通、随机应变等能力。同时,它能克服人类体力智力的极限,并与不断更新的计算机硬件的大规模且迅速的数据处理功能结合起来,从而大幅提升石油行业的预测能力,优化其生产力和管理能力,走向智能化与自动化;最终形成一个全产业链的网络,即把各种石油基础设施关联在一起,形成智能的物联网。

在行业中,研发适用于行业本身的人工智能生态系统需要解决三个问题:(1)运算能力;(2)可用的数据;(3)想象力。当前计算机的运算速度可达每秒上亿次,强大的运算能力和数据处理能力可以做到快速而精确地处理、优化石油开发生产的海量数据。通过合适的算法和生产数据、环境数据优化开采生产,可实现效益的最大化。具体可以从以下四个方面入手:(1)统一数据接口,实时精细化分析解释大量数据,从而开展决策和优化。如通过三维地震资料和测井资料的智能化解释,建立精细准确的地质模型;(2)采用耐用的智能工具,开展可视化展示,及时预警与处理事故,实现勘探开发自动化;(3)开展区域井场历史大数据分析及云计算,通过仿真模型并结合现场实际工况实时调节参数,达到生产过程最优化;(4)建立基于人工智能的资产管理工具,实现高效准确的资产、风险评估和预测性维护。综合以上章节讨论,石油工业人工智能发展的现状、趋势与思路可总结如图7所示。

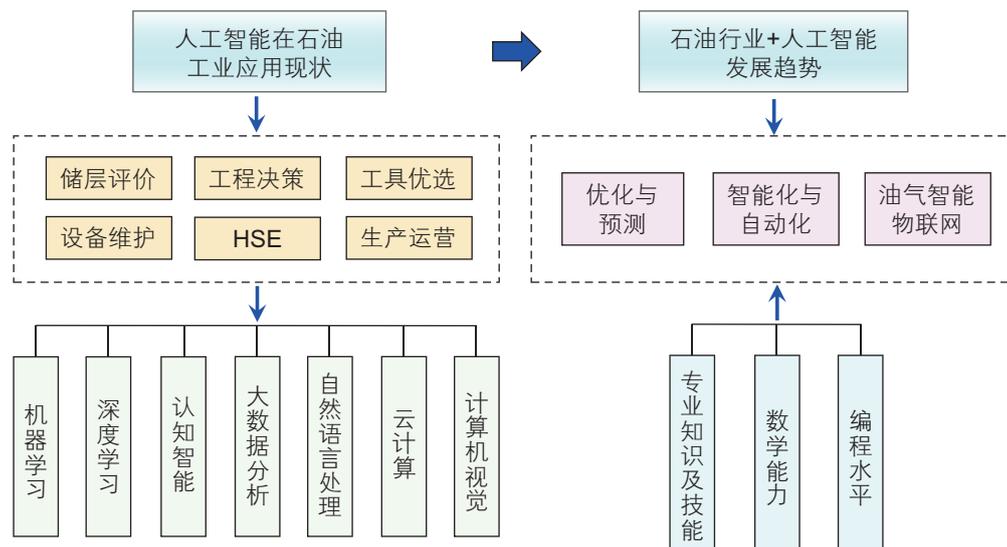


图7 石油工业人工智能发展的现状、趋势与思路

Fig. 7 Current status, trend and thought of the development of artificial intelligence in petroleum industry

6 结论

本文在回顾人工智能发展历程与阶段的基础上,介绍了石油工业与人工智能的融合情况,包括石油企业与人工智能行业的合作、人工智能在石油工业各环节的应用现状、人工智能的主体技术及发展趋势,得到结论如下。

石油工业领域的智能程度介于弱人工智能与通用人工智能之间,其应用场景以定制化的人工智能为主,意图解决该领域中某个特定的工程问题,并在勘探、钻井、采油、设备维护、HSE、投资等各环节取得较好的应用效果,但完整的油气行业人工智能产业链生

态尚未形成,智能物联网还处于探索阶段。

石油工业的智能化需要以专业知识与技术为基础架构,人工智能为实现行业效率、效益最优化的手段而不是最终目的。根据应用对象的变化,从业者需要灵活应用认知智能、大数据、云计算、机器学习、深度学习等人工智能方法为各油气开采环节提供特定的解决方案。

随着创新时代以及IT技术呈指数性的换代更新,在传统石油工业知识与前沿人工智能技术紧密结合的基础上,实现创造力及创意思维的战略整合,有效应用人工智能实现石油天然气资源的低廉、高效和安全开采,是所有石油从业者未来奋斗的方向。

参考文献

- [1] 王宏琳. 通向智能勘探与生产之路[J]. 石油工业计算机应用, 2016, 24(4): 7-20, 24. [WANG H L, The road to intelligent exploration and production[J]. Computer Applications in Petroleum Industry, 2016, 24(4): 7-20, 24.]
- [2] 屈万忠, 戴启栋, 刘新全, 等. 人工智能技术在石油工业领域的最新应用[J]. 国外油田工程, 2005, 21(11): 24-26. [QU W Z, DAI Q D, LIU X Q, et al. The latest application of artificial intelligence technology in the petroleum industry[J]. Foreign Oilfield Engineering, 2005, 21(11): 24-26.]
- [3] 李怀科, 鄢捷年, 耿铁. 神经网络在石油工业中的应用及未来发展趋势探讨[J]. 石油工业计算机应用, 2010(02): 35-38. [LI H K, YAN J N, GENG T. Application of artificial neural network in petroleum industry and its future development trend [J]. Computer Applications of Petroleum Industry, 2010(02): 35-38.]
- [4] 刘伟, 闫娜. 人工智能在石油工业领域应用及影响. 石油科技论坛, 2018, 4: 32-40. [LIU W, YAN N. Application and impact of artificial intelligence in the petroleum industry. Petroleum Technology Forum, 2018, 4: 32-40.]
- [5] Mohaghegh SD. Recent developments in application of artificial intelligence in petroleum engineering. Journal of Petroleum Technology, 2005, SPE 89033.
- [6] 李克强. 《2017年国务院政府工作报告》[J]. 美与时代(上), 2017(02): 3. [LI K Q. 2017 State council government work report [J]. Beauty and the Times (I), 2017 (02): 3.]

- [7] 方东菊. 人工智能研究[J]. 信息与电脑, 2016(13): 159–159. [FANG D J. Artificial intelligence research[J]. Information and Computer, 2016(13): 159–159.]
- [8] 吴翔宇. 浅析人工智能技术在生活中的应用[J]. 数码世界, 2017(2): 114–115. [WU X Y. Analysis of the application of artificial intelligence technology in life[J]. Digital World, 2017(2): 114–115.]
- [9] 王海峰. 国际大数据产业技术创新高峰论坛[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/192144148_473283.html, 2017–09–15. [WANG H F. International big data industry technology innovation summit forum[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/192144148_473283.html, 2017–09–15.]
- [10] 田光曙. 基于modelica的信息物理融合系统的建模方法[D]. 广东工业大学, 2014: 5. [TIAN G S. Modeling method of information physical fusion system based on modelica [D]. Guangdong University of Technology, 2014: 5.]
- [11] 孟海华. 无处不在的人工智能——Gartner公司发布2017年度新兴技术成熟度曲线[J]. 科技中国, 2017(10): 1–9. [MENG H H. Ubiquitous artificial intelligence – gartner releases 2017 emerging technology maturity curve [J]. Technology China, 2017(10): 1–9.]
- [12] 创新工场人工智能战略白皮书发布: AI面临六大挑战[J]. 智能城市, 2017(3): 42. [Innovative workshop artificial intelligence strategy white paper released: AI faces six challenges [J]. Smart City, 2017(3): 42.]
- [13] 李开复: 人工智能是中国领先世界的机遇[DB/OL]. <http://www.myzaker.com/article/5840fb551bc8e06321000002/>.html, 2016–12–02. [LI K F: Artificial intelligence is China’s leading opportunity in the world [DB/OL]. <http://www.myzaker.com/article/5840fb551bc8e06321000002/>.html, 2016–12–02.]
- [14] Google正式联姻石油巨头道达尔, 石油人工智能来了[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/231824649_372813.html, 2018–05–16. [Google officially married oil giant Total, oil artificial intelligence came [DB/OL]. http://www.sohu.com/a/231824649_372813.html, 2018–05–16.]
- [15] 窦振中. 模糊逻辑技术是二十一世纪的核心技术[J]. 计算机应用研究, 1996(4): 8–12. [DOU Z Z. Fuzzy logic technology is the core technology of the 21st century [J]. Journal of Computer Applications, 1996(4): 8–12.]
- [16] 人工智能越来越火, 石油公司能做什么? [DB/OL]. https://www.sohu.com/a/258279296_808009.html, 2018–10–08. [Artificial intelligence is getting hotter, what can oil companies do? [DB/OL]. https://www.sohu.com/a/258279296_808009.html, 2018–10–08.]
- [17] 哈里伯顿联姻微软折射行业新发展逻辑[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/191225959_814194.html, 2017–09–11. [Halliburton’s marriage to Microsoft reflects the new development logic of the industry [DB/OL]. http://www.sohu.com/a/191225959_814194.html, 2017–09–11.]
- [18] 英国一石油公司投资人工智能推动未来数字化战略[DB/OL]. http://tech.ifeng.com/a/20190129/45302501_0.shtml, 2019–01–29. [A british oil company invests in artificial intelligence to promote the future digital strategy [DB/OL]. http://tech.ifeng.com/a/20190129/45302501_0.shtml, 2019–01–29.]
- [19] 斯伦贝谢在数字化技术协同上的收获[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/206451051_99912085.html, 2017–11–24. [Schlumberger’s achievement in digital technology collaboration [DB/OL]. http://www.sohu.com/a/206451051_99912085.html, 2017–11–24.]
- [20] 徐伟杰; 刘彦君. 人工智能产业发展研究[C]//2017年“电子技术应用”智能电网会议. 0. [XU W J, LIU Y J. Research on the development of artificial intelligence industry [C]//2017 “Electronic Technology Application” Smart Grid Conference. 0.]
- [21] 华为携手石化盈科, 推出面向石化行业的智能制造平台[DB/OL]. http://www.sohu.com/a/135570167_296821, 2017–04–21. [Huawei and Petrochemical Pacific have launched an intelligent manufacturing platform for the petrochemical industry [DB/OL]. http://www.sohu.com/a/135570167_296821, 2017–04–21.]
- [22] CARPENTER C. Embedded discrete fracture modeling with artificial intelligence in Permian Basin. Journal of Petroleum Technology, May, 2018, 63–64.
- [23] JACOBS T. (2018, October 1). BP and Startup Beyond Limits try to prove that cognitive AI is ready for oil and gas. Society of Petroleum Engineers. doi: 10.2118/1018–0026–JPT
- [24] NUNOO N A. How artificial intelligence will benefit drilling. Journal of Petroleum Technology, May, 2018, 14–15.
- [25] ZHU Q. Application in drilling tool combination aided design based on data intelligence. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–195093–MS.
- [26] AL-MASHHAD A S, AL-ARIFI S A, AL-KADEM M S, et al. Multilateral wells evaluation utilizing artificial intelligence. SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, Nov 7–10, 2016. SPE–183508–MS.
- [27] ESBAI R, ALRUMAIDH A, SHARAF S. Detecting emulsion using surface temperature, pressure, and the application of artificial intelligence. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–195089–MS.
- [28] 贾虎, 邓力琿. 基于流线聚类人工智能方法的水驱油藏流场识别[J]. 石油勘探与开发, 2018. [JIA H, DENG L H. Flow field identification of water flooding reservoir based on streamline clustering artificial intelligence method[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018.]
- [29] KHAN M R, ALNUAIM S, TARIQ Z, et al. Machine learning application for oil rate prediction in artificial gas lift wells. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–194713–MS.

- [30] ABDULMALEK A S, SALAHELDIN E, ABDULWAHAB Z A, et al. Application in drilling tool combination aided design based on data intelligence. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–194852–MS.
- [31] ALAJMI M D, ABDULRAHEEM A, MISHKHES A T, et al. Profiling downhole casing integrity using artificial intelligence. SPE Digital Energy Conference and Exhibition, the Woodlands, TX, USA, Mar 3–5, 2015, SPE–173422–MS.
- [32] AL-AMOUDI, L. A., BA-GERI B S, et al. (2019, March 15). Development of artificial intelligence models for prediction of crude oil viscosity. Society of Petroleum Engineers. doi: 10.2118/194741–MS
- [33] ALARFAJ M K, ABDULRAHEEM A, BUSALEH Y R. Estimating dewpoint pressure using artificial intelligence. SPE Saudi Arabia section Young Professionals Technical Symposium, Dhahran, Saudi Arabia, Mar 19–21, 2012, SPE 160919.
- [34] SULTAN A. New artificial neural network model for predicting the TOC from well logs. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–194716–MS.
- [35] ESPINOZA R, THATCHER J, ELDRED M. Turning an offshore analog field into digital using artificial intelligence. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, Mar 18–21, 2019, SPE–195027–MS.
- [36] DU S, LIANG B S, LIN Y B. Field study: embedded discrete fracture modeling with artificial intelligence in Permian Basin for shale formation. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA, Oct 9–11, 2017, SPE 187–187202–MS.
- [37] GUPTA S, SHARMA A, ABUDAKAR A. Artificial intelligence-driven asset optimizer. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, Sep 24–26, 2018, SPE–191551–MS.
- [38] HOJAGELDIYEV D. Artificial intelligence in HSE. SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, Nov 12–15, 2018, SPE–192820–MS.
- [39] PIOVESAN C, KOZMAN J. Cross-industry innovations in artificial intelligence. SPE Digital Energy Conference and Exhibition, The Woodlands, Texas, USA, April 19–21, 2011, SPE 143873.

(责任编辑 李世远 编辑 马桂霞)