

引用格式: 董世泰, 王兴, 崔兴福, 等. 中国石油地球物理数据共享与数字化转型设想[J]. 世界石油工业, 2024, 31(3): 9-16.

DONG S T, WANG X, CUI X F, et al. PetroChina's geophysical data sharing: Vision for digital transition[J]. World Petroleum Industry, 2024, 31(3): 9-16.

中国石油地球物理数据共享与数字化转型设想

董世泰, 王兴, 崔兴福, 王露, 薛战芹

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 地球物理数据是油气田公司的核心数据资产, 是可持续挖掘的宝贵数据资源。中国石油天然气集团有限公司在几十年的油气勘探开发过程中, 获取了海量地球物理数据。大数据时代数据为王, 为了更好地保护地球物理数据资产, 挖掘数据潜力, 提高数据价值, 盘活数据资产, 中国石油成立了地球物理数据与软件共享中心, 对地球物理数据集中统一实施异地备份和资产化共享管理, 为海量数据超级计算奠定基础, 促进地球物理数据共享使用, 解决协同研究工作中的数据孤岛问题, 助推地球物理业务实现数字化转型, 更好地支撑服务油田公司上游业务发展。

关键词: 地球物理数据; 数据资产; 数据共享; 容灾; 灾难备份; 数字化转型; 中国石油

中图分类号: TE122; P631

文献标识码: A

文章编号: 1006-0030(2024)03-0009-008 **DOI:** 10.20114/j.issn.1006-0030.20240411001

PetroChina's geophysical data sharing: Vision for digital transition

DONG Shitai, WANG Xing, CUI Xingfu, WANG Lu, XUE Zhanqin

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: Geophysics is the vanguard of oil and gas exploration and development. The development of geophysical technology is directly related to the effect of oil and gas exploration and development. In the process of oil and gas exploration and development for decades, a large amount of geophysical data has been produced, which is a valuable data asset of PetroChina and a valuable resource for sustainable development. In the Big data era, data is king. In order to better protect data assets, tap the potential of data, improve the value of data, and revitalize data assets. PetroChina has established the Geophysical Data and Software Sharing Center, which implements centralized and unified asset-based sharing management of geophysical data, lays the foundation for massive data supercomputing, promotes data sharing and use, solves the data island problem in collaborative research, promotes the digital transition of geophysical business, and better supports the upstream business development of service oil companies.

Keywords: geophysical data; data asset; data sharing; disaster recovery; disaster backup; digital transition; PetroChina

0 引言

地球物理数据是油气田公司的核心数据资产, 是油气勘探开发的核心资源, 也是实现地球物理业务信息化、数字化转型的基础。中国石油天然气集团有限公司(以下简称中国石油)历年地球物理数据采集投资累计逾千亿元, 已累计产生了约50 PB的数据量。目前, 原始及成果数据尚未实现集团公司层面的统一管理, 处于各油气田公司分散管理状态。各油气田公司均配备了大量数据存储设备, 多数将数据存储在档案馆, 部分油气田在勘探开发研

究院有备份。地球物理数据处理解释成果资料也处于分散管理状态, 项目验收后, 成果数据归档存储在档案馆, 过程数据大多在服务公司手里。这种分散式的数据管理模式, 数据存储分散、存储介质和数据格式不统一, 各油气田数据储存条件参差不齐, 且以静态存储为主, 未按异地备份要求实现异地备份存储, 数据安全存在一定的隐患。

另外, 由于地球物理数据格式的特殊性, 且数据量巨大, 需要专业软件进行处理、显示, 分散式的数据管理模式不满足海量数据处理作业中的远程数据加载和上线要求, 不能实现数据共享。受以

收稿日期: 2023-12-20

修回日期: 2024-04-25

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司油气和新能源分公司科技项目“油气勘探效果跟踪评价”(2023YQX405)

第一作者: 董世泰(1965—), 男, 博士, 高级工程师, 从事物探发展战略、井中地震、油藏地球物理等研究和管理工作的。

E-mail: Shitai_dong@petrochina.com.cn

往地球物理数据处理解释技术水平制约,地球物理数据中依然蕴藏的大量油气藏信息,没有充分释放其潜在价值,而各油气田公司数据一般仅限内部使用,不利于大数据分析和数据挖掘,不利于数据增值。为了更好地保护数据资产,挖掘数据潜力,提高数据价值,盘活数据资产,对地球物理数据集中统一实施异地备份和资产化共享管理,为海量数据超级计算奠定基础,促进数据共享使用,解决协同研究工作中的数据孤岛问题,有利于助推地球物理业务实现数字化转型,更好地支撑和服务油田公司上游业务发展^[1-2]。本文介绍了中国石油地球物理数据共享管理的意义和地球物理业务数字化转型的发展思路,是油气田公司专业技术实现数字化转型的技术探索。

1 中国石油地球物理数据管理

1.1 地球物理数据管理现状

当前,中国石油多数油气田将地球物理数据存储在档案馆,以静态存储模式管理数据,这种管理方式的弊端越来越明显,主要表现在3个方面。

(1) 不符合国家地质勘探数据异地异址管理要求,数据资产安全得不到保障。油气行业核心数据不仅是企业的重要资产,还关系到油气田公司发展和社会安全。随着矿权流转和合作勘探业务增多,新采集的地震数据往往掌握在其他投资方手里,油气田公司可能拿不到数据,影响探区的总体地质评价,矿权再次流转时数据掌握不全直接影响勘探开发决策;在地球物理数据使用过程中,油气田公司和数据使用单位之间需要多次拷贝交换数据,极易造成数据损坏与丢失,而有些探区地震数据具有不可再生性;数据拷贝使用没有统一规范,大量数据以不同方式向市场流失,甚至为竞争对手所用,对油气田公司资产安全构成威胁;多数油气田公司没有异地数据灾难备份,遭遇自然灾害等不可抗力破坏时,数据安全风险突出。

(2) 地球物理数据量急剧增大,分散式管理不利于大数据运算及新技术新方法应用。目前,中国石油加大勘探开发力度,地球物理工作量骤增。随着新技术的应用,物探、测井数据量也大幅上升,随着单点高密度、“两宽一高”、叠前深度域处理、叠前储层预测和综合处理解释等技术的推广应用,分散式

数据管理模式均面临存储空间、场地、管理人员等压力,随着数据量不断增加,各单位存储设备不足的问题日趋严峻,不利于云计算等先进技术的应用。

(3) 数据分散,共享使用不畅,数据资源潜力难以充分释放,在加快油气勘探实现突破、推动增储上产措施中,不能很好地实现数据增值。地球物理数据携带了大量的地质信息,以往重点利用中浅层信息,随着勘探向中深层转移,老数据虽然资料品质有差异,但仍然是地质勘探突破的资料基础。未来要取得显著突破,风险勘探是重中之重。开展盆地级老资料处理解释,对开展盆地级构造演化、油气成藏和区带目标评价意义重大。高性能计算挖掘现有地球物理资料潜力仍大有可为。

因此,开展集团公司层面的地球物理数据异地集中统一备份管理,提高数据容灾备份能力,可使油气田公司安全掌控历史和未来不同投资渠道产生的地球物理数据,并按照数据资产管理理念,形成数据共享管理机制^[3],盘活数据资产,解决协同研究中的数据孤岛问题。在此基础上,开发以地球物理数据为基础的物探、测井、地质、钻井等资料挖掘平台,助推地球物理业务实现数字化转型,有利于数据资源共享,提高数据利用率,充分释放各类数据潜在价值,支撑勘探开发上游业务可持续发展^[4-9]。

1.2 地球物理数据集中备份管理进展

多年来,中国石油积累了海量的地震、测井等地球物理数据,其中二维地震满覆盖长度约 180×10^4 km,三维地震满覆盖面积约 35×10^4 km²,测井数量达 45×10^4 井次以上;数据规模已达50 PB,存储磁盘 120×10^4 盘以上。

中国石油已建成了北京、吉林、克拉玛依、成都等地4大数据中心,但基本上未加载地球物理数据。中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司(以下简称东方物探)建有静态数据库,对其采集的物探数据集中备份管理;中国石油集团测井有限公司(以下简称中油测井)对其所采集的约 45×10^4 井次的数据库进行了治理,建立了数据管理平台。但由于数据所属权问题,数据仅限东方物探和中油测井内部使用。如前所述,各油气田公司将资料存储在档案馆,在油气田公司研究院或信息中心有备份。原始数据存储介质多为磁带、磁盘,以静态(档案性质)存储为主。塔里木油田、西南油气田在集

团公司A1系统中加载了部分原始地震数据，在A6系统中加载了部分地震处理解释研究项目的成果数据。但总体未实现集团公司层面的集中统一备份管理，分散数据管理模式不满足数据远程加载和上线要求，不能实现数据共享。

1996年，中国石油建立了勘探数据总库，对2004年以前的地震数据和2002年以前的探井和评价井测井数据进行了抢救性整理入库。包括 9×10^4 多条地震二维和三维测线数据，数据量约200 TB，以及 3×10^4 多井次的测井数据。保护了宝贵的勘探数据资产，实现了地震、测井数据的统一异地管理，在总库与各油气田公司之间形成了相互弥补数据受损、数据丢失，互为数据备份和资料共享的机制，有效地保证了数据安全，但数据全部采用静态磁盘、磁带存储，未实现数据共享服务。2005年以后，油气田公司不再汇交地震原始数据和成果数据。

当前地球物理数据管理模式使数据治理难度加大，不利于数据共享使用，未按照数据资产管理理念盘活数据资产，不能很好地实现数据增值，未能充分挖掘数据潜力，不具备形成地球物理数字化盆地数据体的条件，数据处理解释依然以项目为单元，未实现数据、算力、人员、综合评价、决策等互联互通，未完全实现地球物理业务数字化转型。

2 地球物理数据共享助推地球物理实现数字化转型的意义

在工业领域，数字化被定义为将模拟信息转换为数字形式的技术过程。地球物理技术自20世纪70年代利用模数转换器技术后进入数字记录时代，逐步使地球物理技术步入数字化，利用专有处理解释软件处理地震、测井数字信号，利用自动化手段提高数据处理效率，利用并行计算手段提高大数据处理能力，利用虚拟现实等手段实现无纸化办公，利用神经网络等手段实现机器学习预测等。数字化的优势是野外采集设备可扩展、更轻便，能够采集地震三维大道数数据，实现宽方位甚至全方位观测，能够实现数字信号的反复处理解释，能够按照三维立体模式开展数据体解释，能够提高数据的质量，提高油气勘探的精度。

随着信息化、智能化技术的飞速发展，我们进入工业4.0数字化时代，工业领域的数字化转型认知

在不断拓展。数字化转型是建立在数字化转换、数字化升级基础上，进一步触及工业公司核心业务，以新建一种商业模式为目标的高层次转型（见图1）。其核心是开发数字化技术及支持能力以新建一个富有活力的数字化商业模式。

地球物理数字化转型也是如此，在原数字化处理解释基础上，对地球物理技术应用进行重新定义，使技术应用全过程管理形成数字化思维意识，构建围绕数字化的运行、管理模式，具体包含围绕数字化修订的企业发展战略，根据专业本身特点制定的数字化方案和实施计划，构建起专业的数字资产、数字应用和数字成果管理方案（见图2）。实现地球物理技术应用的大数据共享与互联互通、技术共享与互联互通、云计算、协同研究、虚拟和增强现实、智能化技术应用等新一代信息技术，减少用户对拥有的数据资源、计算资源、软件资源的依赖。

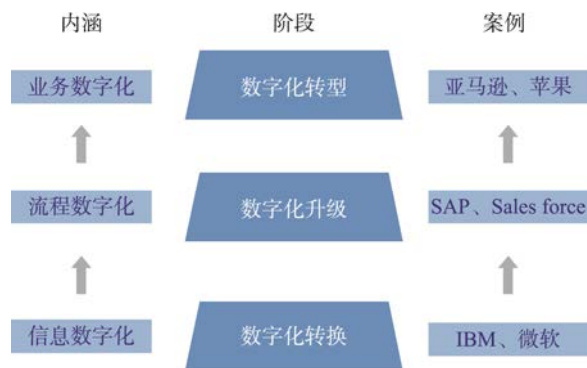


图1 企业数字化商业模式示意图
Fig.1 Enterprise digital business model diagram

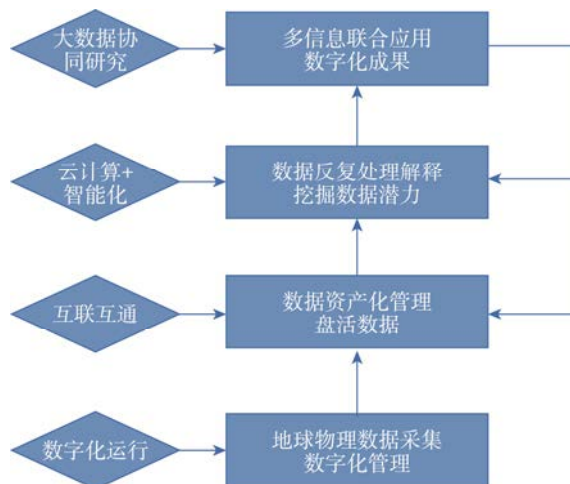


图2 地球物理数字化模式示意图
Fig.2 Geophysics digital business model diagram

由于地球物理数据量大,数据格式专业化强,必须要利用专业软件进行数字化处理解释,且处理解释操作必须要求数据和算力资源集中一体化部署。因此,要实现地球物理数字化转型,其基础是地球物理大数据的集中统一管理。只有对数据进行集中统一管理,才能实现大数据云计算,最终实现数字化转型。

2.1 实现数据资产化管理

核心数据资产管理是现代企业中至关重要环节,各油气田公司和服务公司都在寻找最有效的数据管理方法,对地质核心数据进行集中统一备份管理,有效地防止数据的丢失和泄露,通过公司内部网络实现共享使用。中国石油化工集团有限公司(以下简称中国石化)建立共享中心,中国石化石油勘探开发研究院统一购置软件许可,提供软件、数据、存储和算力资源共享管理,提高数据管理的效率,降低运营成本^[10-11]。中国海洋石油集团有限公司建设了服务于全系统的云应用共享平台,整合覆盖勘探、开发、工程各专业应用软件和数据,主流软件许可证统一浮动管理,使企业更加灵活地使用各种软件和数据资源^[12]。法国地球物理服务公司CGG采用云存储和云计算资源一体化管理模式,实现数据实时备份,提高数据的安全性。斯伦贝谢公司利用远程工作平台进行数据云存储备份和管理。这种高度集中式的数据管理模式,保证了数据的安全性和完整性,使油气田公司将数据资产牢牢掌握在自己手中,确保了公司掌握数据的唯一性,提高了油气田公司和服务公司核心竞争力和企业的资产价值。

2.2 实现数据增值

地球物理数据实施集中统一备份管理,实现数据共享,可以提高企业的治理能力,提高数据的质量和效率,为云计算、大数据处理解释、智能化技术应用推送完整的数据体,使企业能够更好地集中各类资源,降低数据管理和计算机资源管理成本。通过统一备份管理,企业可以更好地掌握核心地质数据,为构建“透明数字盆地”奠定基础。核心数据资产统一备份管理还有利于保护公司层面的油气勘探开发核心数据资产,确保数据安全。通过这种方式,企业可以更好地盘活数据资产,更好地为油气田整体研究提供数据共享服务,并推动盆地级数据挖掘,促进战略选区研究和新区新领域突破。

2.3 实现技术应用过程管理数字化

开展核心数据资产化管理,促使地球物理业务及技术应用按照数字化模型运行。野外数据采集按照数字化地震队组织模式实施,数据记录全程数字化,提高施工效率;数据采集质量控制全程自动化、智能化,提高质控科学性和效率,提高数据质量;数据处理全程自动化,某些环节智能化,提高效率和精度;数据解释全程智能化,并联合多种地震、测井、地质数据开展综合解释,提高解释精度,降低勘探风险。实现技术应用过程管理数字化,有利于互联网、大数据、云技术、人工智能、区块链、虚拟和增强现实、底层技术、周边技术等新一代数据处理解释技术的研发、试验、推广应用^[13-16]。

3 地球物理业务数字化转型技术发展思路

围绕中国石油数字化转型、智能化发展、数智中国石油建设战略目标,在地球物理数据实现集中统一管理的基础上,构建数据信息数字化管理平台,实现数据数字化共享管理;开发数据挖掘综合研究平台,实现数据资产化增值,挖掘数据潜力,推动区块整体研究。

3.1 构建数据资源湖,实现数据共享,提升数据利用率

在集团公司层面,建立总数据库与8个盆地级数据库的地球物理数据管理格局(见图3),构成地球物理共享管理数据湖,统一数据管理标准、数据格式、数据质量、存储介质,统一数据管理平台,对不同来源的多源大数据进行治理,所有物探成果数据、测井数据在线管理。原始数据实现线下管理,签约维护、用户权限设定,进一步对地球物理数据实施共享管理,有助于提高油气田公司的数据处理和分析能力,提升业务水平和决策效率。基于业务视角,可灵活调度,快速构建高质量的全域数据;基于数据标准、规范质量监控、权限管理、安全管理、数据治理等,实现全域、全链路、多维度的地球物理数据资产治理;多源多平台数据统一上下架管理、打通多用户渠道,让数据资产价值可评估、可分析、可共享,让数据交换与应用更加快捷。推进油气田企业开展专业数据治理、数据挖掘、共享应用等关键技术及平台研发,充分发挥地球物理数据在油气勘探开发中的作用,使地球物理数据更好

地服务油气田上游业务发展,推进地球物理业务数字化转型、智能化发展。



图3 地球物理数据共享管理架构

Fig.3 Management architecture of geophysical data sharing

3.2 构建数据挖掘平台,挖掘数据潜力,盘活数据资产

挖掘数据潜力是数据管理的终极目标。数据挖掘是一种以挖掘数据潜力为目标的技术^[17-18],它通过对原有数据的分析来挖掘出更多的信息,而不是重新处理数据(见图4)。在地球物理领域,地球物理数据携带了大量潜在的地下地质信息,随着勘探向中深层转移,需要开展盆地级构造演化、油气成藏和区带目标评价研究,以取得更多、更大的突破。因此,通过高性能计算开展盆地级多源信息分析,挖掘数据潜力,开展油气藏特征提取,为区带、目标评价提供技术支撑。

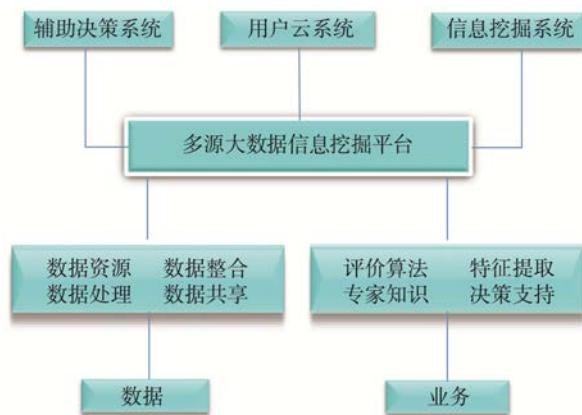


图4 数据挖掘框架图

Fig.4 Data excavating frame diagram

数据挖掘平台包含对物探、测井、井筒、地质

等多源大数据进行检查校正等清洗,清洗过程中需要去除重复数据、处理缺失数据、识别异常数据等。接着,通过聚类 and 融合技术,将不同数据源的数据整合成一个统一的数据模型,以便更好地提取数据属性特征。在提取数据特征方面,可以通过数据挖掘技术,如关联规则挖掘、决策树、神经网络等,从多源大数据中提取出关键特征。这些特征可以帮助我们更好地理解地下地质情况,为后续的地质建模提供基础数据。在提取地质特征方面,可以利用深度学习技术,如卷积神经网络、循环神经网络等,对地球物理数据、测井数据、井筒数据等进行自动特征提取,得到一系列的地质特征。这些特征可以作为地质模型中的输入变量,有助于更好地预测地下地质情况。

通过深度学习技术建立地质模型,如神经网络模型、决策树模型、支持向量机模型等,对提取出的地质特征进行建模分析,以实现地下地质情况的预测和解释。通过这些模型,可以更好地理解地下地质情况,为油气勘探和开发目标优选决策提供重要的技术支持。

3.3 开展多源大数据综合分析,进一步提高数据价值

长期以来,复杂储层油气藏地球物理勘探方法比较单一,以地震波场勘探方法为主,单一地震波场在复杂储层和深层目标勘探方面存在反射弱、分辨率低、多解性强等问题。利用地震场、重力场、磁场、电场、温度、压力、声波场、核能、量子、激光等多种波场,提取不同的岩石物理特性,从不同角度表征储层,是提高精度、降低多解性的必然选择(见图5)。

充分利于数据中心多源大数据优势,利于互联网、人工智能、区块链、大数据、云技术、虚拟和增强现实等先进技术,开展盆地级的重磁电、地震、测井整合研究以及多物理场耦合研究,支持多尺度复杂孔隙介质的高精度偏移成像、全波场地震资料成像、全波场地震储层参数同时反演、考虑震电效应的地震-电磁联合反演、多源场多尺度地球物理信息解释与目标评价等方法,形成面向低渗透-致密油气、深层超深层、深水、页岩油气等领域油气地球物理勘探新技术。有利于建立盆地、区带级的地球物理数据体,建立数字化盆地,开展整理构造、沉积演化研究,评价储盖组合,优选有利目标区,推动整体评价研究。

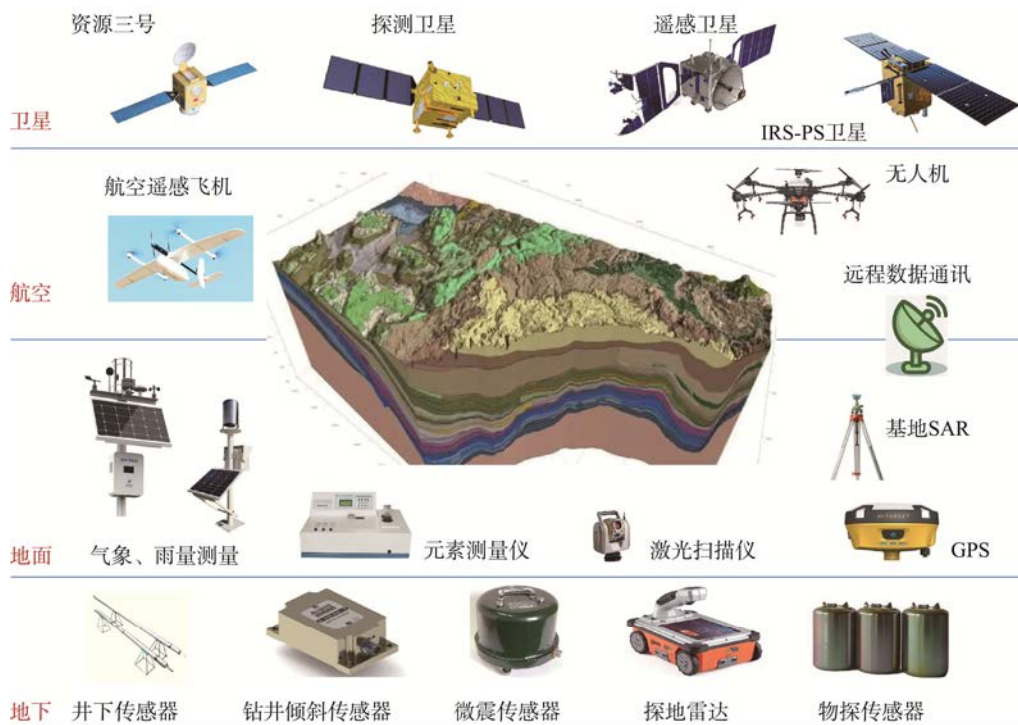


图5 多源多物理场综合研究示意图

Fig.5 Schematic diagram of multi-source and multi-physical field comprehensive research

3.4 建设进展

(1) 开展数据资源池建设, 组建了专业化的数据管理团队, 形成了地球物理数据整理汇交实施细则, 明确工作流程, 形成了地球物理资料整理操作手册和数据出库管理操作手册, 建立了HES管理办法, 保障数据资产安全, 调研了各油气田数据管理现状, 基本理顺了数据汇交渠道, 油气田企业负责按照规定格式开展地球物理数据整理、质量检查和汇交等工作, 并提供年度工作报告, 并对已整理数据的完整性、准确性进行检查把关, 确保数据准确无误。共享中心赴油气田企业进行备份数据的收集, 共享中心负责数据收集、数据质量复核与入库、共享与借阅、工作考核报告编制和数据安全管理等工作。截至目前, 已完成了塔里木、西南、长庆、华北、大庆等探区以及各储气库的成果数据汇交, 初步建成了地球物理数据库。(2) 开展了数据管理平台建设, 开展了地球物理数据共享管理与使用平台框架研究, 包括结构化数据和非结构化数据管理与维护、在线数据目录浏览与数据检索、数据目录及数据信息维护、用户权限管理、数据可视化及数据上传下载等功能, 对已收集的数据进行了井震数据录入, 可实现数据浏览、GIS显示、数据统计报告等。初步形成了数据管理框架, 使地震

地质研究技术人员能够快速筛选和获取研究所需要的数据, 用户可在线浏览数据目录、浏览数据, 使数据管理从档案式静态管理变为信息化数据库管理, 为盘活数据资产奠定基础。(3) 建立了辽河、华北、四川、长庆等部分油气田成果数据工区, 实现了成果数据在线加载, 研究人员在数据工区中可浏览、下载相关数据, 切去任意方向、任意长度的地震剖面或数据体, 并可开展层位、断层等构造解释工作, 为风险勘探等区域性地震地质研究提供了良好的数据基础, 使盘活数据资产向前迈进了一大步。

4 结束语

地球物理数据量正在急剧增大, 分散式管理不利于大数据处理解释, 不利于数据的再利用。对地球物理数据实施集中统一备份管理, 在确保数据资源安全的同时, 有利于实现地球物理技术数字化转型, 有利于油气田公司对数据资源绝对把控, 有利于挖掘数据潜在价值, 更好地支撑上游业务可持续发展。充分利于大数据资源, 基于盆地级地震数据深度挖掘、整体认识、重新认识, 对接替领域和区带目标研究具有重大价值。

地球物理数据共享中心的建设,为快速解决当前数据分散管理模式下存在的数据孤岛,给地球物理专业数字化、智能化发展营造高效数据应用环境,助力油气勘探开发业务的高质量发展,推进地球物理数据共享能力建设,建立集团公司范围内统一的数据资源池与共享平台奠定了基础。

为了落实数智中国石油建设的有关精神,加快地球物理数据资产化应用,使数据在上游业务中发挥更大作用,应加快数据共享管理工作,尽快实现地球物理业务数字化转型。

(1) 加快建设完整的地球物理专业化数据资源池,为数据资产化管理奠定基础,使数据资产容灾备份和数据增值服务等重点工作持续开展。

(2) 发展完善数据共享使用平台,盘活数据资产,提升数据利用率,进一步基于业务视角灵活调度多源大数据,快速构建高质量的全域数据,实现地球物理数据资产优化管理,打通公司内部多用户渠道,让数据资产价值可评估、可分析、可共享,让数据交互应用更加快捷,助推油气田企业开展专业数据治理与共享应用。

(3) 开发多源地球物理大数据挖掘平台,实现数据再利用,充分挖掘地球物理数据潜在的地下地质信息,通过人工智能技术挖掘盆地级多源信息,开展整体构造解释,支持沉积演化、储盖组合、甜点优选等研究,推动复杂区块油气勘探新突破,助力油田增储上产。

参考文献:

- [1] 李玥洋,任静思,张苏,等.智能气田一体化模型数据共享平台建设与实践[J].西南石油大学学报(自然科学版),2023,45(1):155-162.
LI Y Y, REN J S, ZHANG S, et al. Construction and application of intelligent gas field integrated model data sharing platform[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2023, 45(1): 155-162.
- [2] 侯梅芳.碳中和目标下中国能源转型和能源安全的现状、挑战与对策[J].西南石油大学学报(自然科学版),2023,45(2):1-10.
HOU M F. Current situation, challenges and countermeasures of China's energy transformation and energy security under the goal of carbon neutrality[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2023, 45(2): 1-10.
- [3] 刘合,李艳春,金辉,等.区块链在石油勘探开发数据共享中的应用[J].中国石油大学学报(自然科学版),2022,46(2):1-11.
LIU H, LI Y C, JIN H, et al. Application of blockchain in petroleum exploration and development data sharing[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2022, 46(2): 1-11.
- [4] 杨朝强,彭小东,王庆帅,等.海上油气储量分析与开发规划数字化转型关键技术[J].中国海上油气,2023,35(6):78-88.
YANG C Q, PENG X D, WANG Q S, et al. Key technologies for digital transformation of offshore oil and gas reserve analysis and exploitation planning[J]. China Offshore Oil and Gas, 2023, 35(6): 78-88.
- [5] 李谦.测井仪器数字化质检系统架构[J].测井技术,2022,46(4):421-425.
LI Q. Architecture for digital quality inspection system of logging tool[J]. Well Logging Technology, 2022, 46(4): 421-425.
- [6] 赵改善.石油物探数字化转型之路:走向实时数据采集与自动化处理智能化解释时代[J].石油物探,2021,60(2):175-189.
ZHAO G S. Digital transformation of petroleum geophysical exploration: Towards the era of real-time data acquisition, automatic processing, and intelligent interpretation[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2021, 60(2): 175-189.
- [7] 赵改善,何展翔.绿色地球物理技术发展展望[J].石油物探,2023,62(5):820-831.
ZHAO G S, HE Z X. Prospects for the development of green geophysical technology[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2023, 62(5): 820-831.
- [8] 张来斌,谢仁军,殷启帅.深水油气开采风险评估及安全控制技术进展与发展建议[J].石油钻探技术,2023,51(4):55-65.
ZHANG L B, XIE R J, YIN Q S. Technical progress and development suggestions for risk assessment and safety control of deep-water oil and gas exploitation[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2023, 51(4): 55-65.
- [9] 曲寿利.物探新技术是降低油气勘探开发成本的重要利器[J].石油物探,2019,58(6):783-790.
QU S L. New geophysical exploration technology: An important tool to reduce the cost of oil and gas exploration and development[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2019, 58(6): 783-790.
- [10] 郭旭升,刘金连,杨江峰,等.中国石化地球物理勘探实践与展望[J].石油物探,2022,61(1):1-14.
GUO X S, LIU J L, YANG J F, et al. Geophysical exploration practices and perspectives at Sinopec[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2022, 61(1): 1-14.
- [11] 糜利栋,曾大乾,刘华,等.中国石化地下储气库一体化综合平台研发与应用[J].油气藏评价与开发,2023,13(6):781-788.

- MI L D, ZENG D Q, LIU H, et al. Development and application of Sinopec integrated management platform for underground gas storage[J]. Petroleum Reservoir Evaluation and Development, 2023, 13(6): 781-788.
- [12] 李中. 中国海油油气井工程数字化和智能化新进展与展望[J]. 石油钻探技术, 2022, 50(2): 1-8.
- LI Z. Progress and prospects of digitization and intelligentization of CNOOC's oil and gas well engineering[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2022, 50(2): 1-8.
- [13] 冯曦, 彭先, 李隆新, 等. 人工智能技术在气藏工程专业的应用前景展望[J]. 天然气勘探与开发, 2023, 46(1): 65-76.
- FENG X, PENG X, LI L X, et al. Artificial intelligence techniques and their application to gas reservoir engineering[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2023, 46(1): 65-76.
- [14] 李晓静, 蒋灵多. 数字化与企业创新[J]. 国际商务, 2023(1): 139-156.
- LI X J, JIANG L D. Digital and enterprise innovation[J]. International Business, 2023 (1): 139-156
- [15] 谢鹏, 韦依依, 乔小涛. 数字化创新准备、动态能力与企业数字化创新[J]. 华东经济管理, 2023(7): 49-58.
- XIE P, WEI Y Y, QIAO X T. Digital innovation preparation, dynamic capability and Enterprise digital innovation[J]. East China Economic Management, 2023(7): 49-58.
- [16] 孙丽丽, 李进锋, 郭中华. 构建多能互补的清洁低碳能源耦合体[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2023, 47(5): 130-137.
- SUN L L, LI J F, GUO Z H. Construction of energy coupling system with multi-energy complementary and cleanlow-carbon[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2023, 47(5): 130-137.
- [17] 郭为. 数字化的力量[M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.
- GUO W. The Power of Digitalization[M]. Beijing: China Machine Press, 2022.
- [18] 李玲, 陶厚永. 数字化导向与企业数字化创新的关系研究[J]. 科学学研究, 2023(8): 1507-1516.
- LI L, TAO H Y. Research on the relationship between digitalization orientation and enterprise digital innovation[J]. Studies in Science of Science, 2023(8): 1507-1516.
- (编辑: 王祖纲 张凤娟)

理事会之声 >>

第26届世界石油大会将在哈萨克斯坦阿斯塔纳举行

据世界石油理事会(WPC Energy)网站2024年6月8日报道,第26届世界石油大会将于2028年在哈萨克斯坦首都阿斯塔纳举办,届时将成为哈萨克斯坦规模最大的国际能源盛会。作为全球能源市场的主要参与者,哈萨克斯坦拥有丰富的能源储备,在国际能源领域合作中发挥着重要作用。

世界石油理事会举办的世界石油大会被誉为业界的“奥林匹克”。2026年以后,世界石油大会举办周期将由每三年一届改为每二年一届。这一战略调整体现了世界石油理事会致力于紧密跟踪能源领域未来发展趋势,积极推动能源安全及向低碳转型平稳过渡,有利于促进世界石油理事会60个成员国以及全球同业者之间沟通交流与创新合作。

(本刊编辑部)