



中国地质调查局地学文献中心·中国地质图书馆

国外地学文献速递

Express Delivery of Foreign Geological Literature

地球深部探测专辑 (2021 年第 1 期)



编者按

地球深部探测的目的在于揭示大陆岩石圈结构、活动过程与动力学机制,把握地壳活动脉搏,开辟深层找矿新空间。20 世纪 80 年代,美国、欧洲、加拿大先后发起了地壳探测计划(COCORP)、欧洲探测计划(EUROPROBE)和岩石圈探测计划(LITHOPROBE),前苏联完成的科拉超深科学钻钻进深度达到 1.2 万米。进入 21 世纪,地球科学的发展对地球深部数据的依赖程度越来越高,为了解深部物性参数,为实现能源与重要矿产资源重大突破、提升地质灾害监测预警能力提供全新科学背景和基础信息,全面提升地球科学发展水平,中国地质调查局近年来持续加大地球深部探测工作力度,并特别成立了地球深部探测中心,将此项工作作为重点工作来抓。

国外地学文献速递(地球深部探测专辑)是中国地质调查局地学文献中心为切实服务地质调查中心工作而推出的《国外地学文献速递》系列专辑之一。通过对国外主要文献数据库中涉及地球深部探测的最新文献进行筛选和摘要编译形成专辑。

本专辑为 2021 年地球深部探测专辑的第 1 期,收录了选自 Elsevier 和 SpringerLink 等数据库的 10 篇文章,内容涵盖了国际大陆钻探计划在盆地构造、沉积地质等方面所取得的研究成果,以及深部探测技术方法与应用等最新研究动态,以期对相关科研人员的研究工作提供支撑和服务。

目 录

ICDP 死海深钻项目—简介	1
古人类遗址和古湖泊钻探项目 (HSPDP) BARINGO TUGEN HILLS BARSEMOI 岩 芯的磁性地层学 (肯尼亚)	2
纽约州的钻孔研究可以促进低焓地热能的利用、潜在风险管理以及对深层沉积和结 晶地质系统的了解	3
渭河盆地钻探项目科学钻探研讨会：新生代构造-季风相互作用	4
阿曼蛇绿岩古脊的岩浆过程——对水作用的想法	5
深陆相生物圈中的岩石表面真菌--利用地下原位生物膜捕集器探索微生物群落的形 成	6
深部高应力矿井中泥层对脆性剪切断裂扩展的影响	7
基于模型的泥浆脉冲信号泵噪声抑制方法研究	8
深井钻井工程中颗粒水射流冲击破坏体积的数学建模与验证分析	9
钻井-地震信息集成指导下的钻井技术	10



获取更多地学文献信息，请关注“移动图书馆”

本刊由“地学文献信息更新与服务”项目支持

专辑主编：赵小平

审 校：王学评

审 核：陈 晶

联系电话：(010)66554993

联 系 人：赵小平

电子信箱：982550465@qq.com

ICDP 死海深钻项目简介

The ICDP dead sea deep drilling project – introduction

■ 摘要译文

古气候研究可以通过补充过去的气候变化记录来完善短期的现代观测记录和模型预测。在过去几十年中,许多研究人员致力于利用各种地质档案(包括珊瑚礁、洞穴堆积物和湖泊沉积物)来探索和重建南黎凡特的环境变化(例如, Enzel 和 Bar Yosef, 2017; Stein, 2014a; 等)。死海深钻项目由国际大陆科学钻探计划(ICDP)和若干国家科学基金会资助,于2010年11月进行(DSDDP, Stein et al., 2011)。其目的是恢复占据死海盆地构造凹陷的晚第四纪湖泊的连续沉积记录,以填补时间空白,从而了解南黎凡特地区的气候和构造。优先钻井地点 5017-1 (ICDP 名称)位于 297 m 的水深处,靠近死海盆地的海底最深处。最长的岩芯层序来自 DSDDP 5017-1-A 孔,深达湖泊沉积面之下 456 m,比 2010 年死海海平面低 753 m,比平均海平面低 1177m。两个取芯点 5017-2 和 5017-3 靠近 Ein Gedi Spa 浅水湾的海岸线,总共从这两个取芯点采集了约 720 m 的沉积物岩芯。关于岩芯的一般描述,见 Neugebauer 等人(2014)和 Coianiz 等人(2019)。

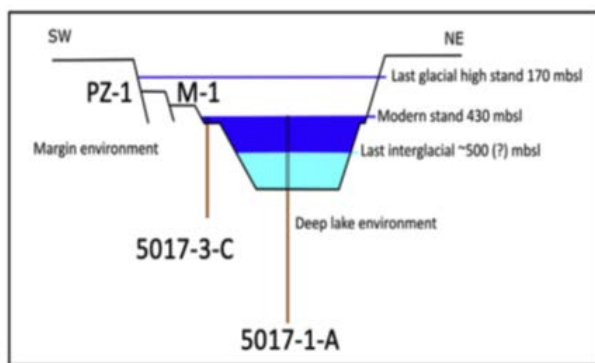


图: 现代湖泊深底和边缘的 ICDP 钻井位置示意图

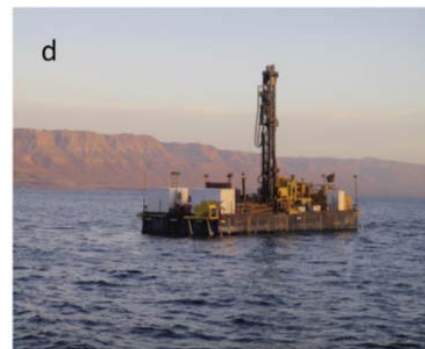


图: 死海中心 5017-1-A 处(水深达 300m)的 DOSSEC 驳船

■ 作者信息

Mordechai Stein^a, Steven L. Goldstein^b

^a Institute of Earth Sciences, The Hebrew University, Givat Ram, Jerusalem, Israel

^b Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades, NY, USA

本文发表于: Quaternary Science Reviews 2020 年第 249 卷 106639

全文链接: [https:// doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106639](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106639)

古人类遗址和古湖泊钻探项目 (HSPDP) Baringo Tugen Hills Barsemoi 岩芯的磁性地层学 (肯尼亚)

Magnetostratigraphy of the Hominin Sites and Paleolakes Drilling Project (HSPDP) Baringo-Tugen Hills-Barsemoi core (Kenya)

■ 摘要译文

人类遗址和古湖泊钻探项目 (HSPDP) 的主要目标是研究东非气候和环境变化之间的关系及其对人类进化的影响。为此, HSPDP 在肯尼亚巴林戈盆地的 Chemeron 地层中采集了 228 m 岩芯。Chemeron 地层跨度约为 3.7 Myr (从 1.6 Ma 至 5.3 Ma), 其中已发现许多脊椎动物化石, 包括古人类化石。巴林戈岩芯的磁性地层学有助于形成年代学框架。从整个岩芯等间隔的 543 个水平面共采集到 567 个古地磁样品, 其中对 264 个样品采用热场和交变场逐步退磁处理。在大多数样品中, 可以测定明显的低温 (LT; 20–150 °C) 和高温 (HT; 150 – 550 °C) 特征剩磁 (ChRM)。典型的退磁行为和一些岩石磁学实验表明, 钛磁铁矿是 HT-ChRM 的主要载体, 普遍二次叠印在 LT 组分表示的正极性中。正、反极性是根据二次叠印的 LT-ChRM 方向确定的, 分别与 HT-ChRM 方向平行或反向平行。我们的研究确定了四个古地磁反转, 解释为 Matuyama-Gauss、Gauss-Kaena、Kaena-Gauss 和 Gauss-Mammoth 转换。这些边界提供了年代地层联系点, 可与凝灰岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年 (Deino 等人, 2020) 得出的联系点相结合, 共同确定 HSPDP 巴林戈岩芯的年龄范围为~3.3 Ma 至~2.6 Ma。

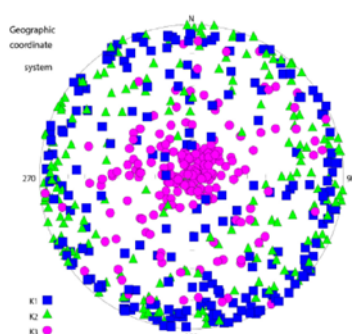


图: BTB13 样品的磁化率各向异性 (AMS) 结果, 显示最大值 (K1)、中间值 (K2) 和最小值 (K3) 轴

■ 作者信息

Mark J. Sie^a, Guillaume Dupont-Nivet^b, Cor Langereis^a, et al.

^a Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands

^b Geosciences Rennes UMR-CNRS 6118, Rennes Cedex, France

本文发表于: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 2020 年 110190 页
全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110190>

纽约州的钻孔研究可以促进低焓地热能的利用、潜在风险管理以及对深层沉积和结晶地质系统的了解

Borehole research in New York State can advance utilization of low-enthalpy geothermal energy, management of potential risks, and understanding of deep sedimentary and crystalline geologic systems

■ 摘要译文

2020 年 1 月, 由国际大陆科学钻探计划赞助的科学钻孔规划研讨会在美国东北部的康奈尔大学召开。康奈尔大学正计划钻探测试井, 以评估利用 2700-4500m 深处的地热以及利用约 60-120 摄氏度的岩石温度加热校园建筑的潜力。康奈尔大学鼓励地球科学界设想如何利用这些钻孔促进重要的地下研究问题。由于大陆上几乎所有的科学钻孔都是为了调查标志性的问题, 在理解“普通”板内陆壳方面存在很大差距。因此, 钻探和调查“钻孔”位置具有不寻常且广泛的应用价值。研讨会的重点是设置一些项目来研究陆壳热-化学-水文-机械的耦合作用。将钻孔的实际应用和科学目标联系起来是一系列目前尚未解决的问题, 这些问题有一个共同的根源: 非均质和不连续岩体中孔隙压力、应力和应变之间的复杂关系, 条件跨越从自然扰动到人为扰动, 从短时间尺度到长时间尺度。对数据和地下特征的需求对未来康奈尔地热系统的决策至关重要, 这为实验、测量和采样提供了机会, 可能导致对水文地质、板内地震活动和流体/化学循环的认识取得重大进展。地下样品还有助于开展区域地质研究和地球生物学研究。研讨会之后, 美国能源部为第一个勘探钻孔提供了资金, 该钻孔的设计和研究计划极大依赖于 ICDP 研讨会的建议。

■ 作者信息

Teresa Jordan^a, Patrick Fulton^a, Jefferson Tester^b, David Bruhn^c, et al.

^a Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA

^b Chemical and Biomolecular Engineering, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA

^c Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, the Netherlands

本文发表于: Scientific Drilling

2020 年第 28 卷 75-91

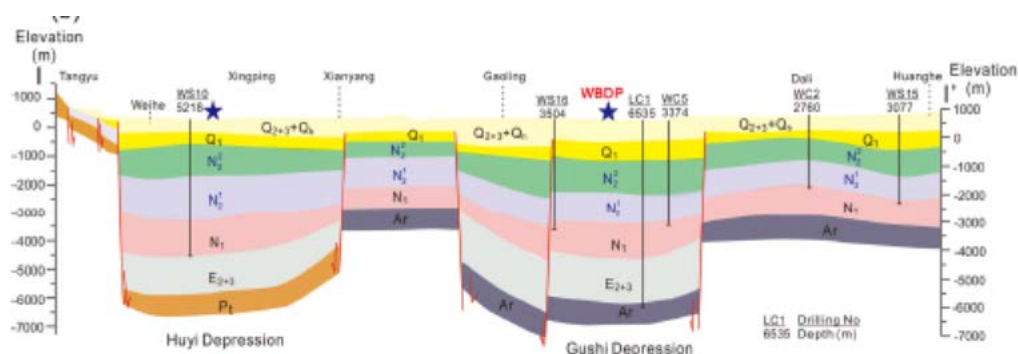
全文链接: <https://doi.org/10.5194/sd-28-75-2020>

渭河盆地钻探项目科学钻探研讨会：新生代构造-季风相互作用

Scientific drilling workshop on the Weihe Basin Drilling Project (WBDP): Cenozoic tectonic – monsoon interactions

■ 摘要译文

渭河盆地拥有 6000-8000 m 厚的河流-湖泊沉积序列，横跨始新世至全新世。这一沉积记录为解读与青藏高原隆升、亚洲季风的发生/演化以及东亚生物地理学的发展有关的长期构造-气候相互作用提供了一个优良而独特的档案。由于渭河盆地位于相反的西风环流和亚洲季风环流系统的交界处，因此，它也记录了始新世以来这些环流系统对不同边界条件的响应。为制定渭河盆地国际科学钻探计划，中国科学院地球环境研究所组织了一个专题研讨会，来自 8 个国家的 55 名与会者参加了研讨会。研讨会于 2019 年 10 月 15 日至 18 日在中国西安举行。研讨会参与者构想了设想中的渭河盆地钻探项目（WBDP）的关键科学目标，并讨论了技术和后勤方面的问题以及科学合作的范围，以便提交给国际大陆科学钻探计划（ICDP）一份完整的钻探提案。研讨会参与者一致同意设计一个两阶段的科学钻探方案，第一阶段的目标是上部 3000m，第二阶段的目标是整个盆地 7500m 厚的沉积填充层。就 7500m 深的钻孔而言，世界上唯一在陆地上进行超深科学钻探的钻机“地壳 1 号”将部署在 WBDP 中，该钻机此前在松辽盆地采集了整个白垩纪陆相沉积物。



图：渭河盆地新生代地层剖面图

■ 作者信息

Zhisheng An^a, Peizhen Zhang^b, et al.

^a State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Chinese Academy of Sciences, China

^b School of Earth Sciences and Engineering, Sun Yat-Sen University, China

本文发表于：Scientific Drilling

2020 年第 28 卷 63-73

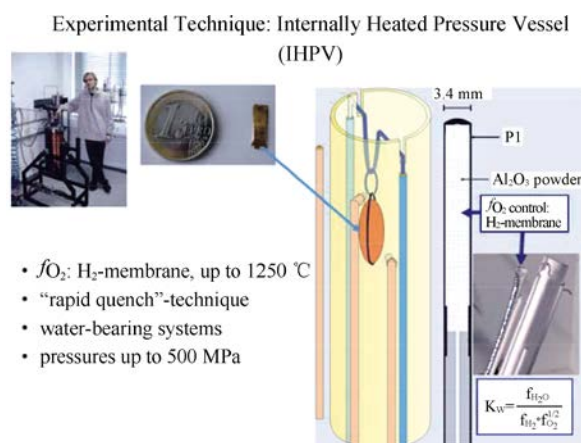
全文链接：<https://doi.org/10.5194/sd-28-63-2020>

阿曼蛇绿岩古脊的岩浆过程——对水作用的想法

Magmatic Processes at the Oman Ophiolite Paleoridge – Perspectives on the Role of Water

■ 摘要译文

本文中，我们在汉诺威大学的实验室中，在较低的压力下（100 至 500 MPa）对湿性拉斑玄武岩和橄榄岩体系进行了不同的实验研究，以限定阿曼蛇绿岩古脊在白垩纪发生的岩浆作用的细节，重点研究了水对相稳定性和相关性的影响。实验在垂直方向内加热的压力容器（IHPV）中进行（见 Berndt 等人，2002）。该设施使用 Ar 和 H₂ 的混合物作为压力介质，以调整容器中所需的 f_{H_2} ，使我们能够控制氧化还原条件。高 P 和 T 时 IHPV 中普遍存在的 f_{H_2} 可以利用铂制成的肖氏膜进行测量。在所有实验系列中， f_{O_2} 的总体变化在 ~FMQ - 1 和 ~FMQ+3.2 之间，因此涵盖了天然 MORB 岩浆中普遍存在的氧逸度范围（Bezous 和 Humler, 2005）。为了解阿曼蛇绿岩古脊增生过程中的岩浆作用，在国际大陆科学钻探计划（ICDP）框架下钻探了穿过下地壳（GT1）和中地壳（GT2）的剖面。我们已在 Wadi-Tayin 地块选择了钻探地点，此地已知以俯冲相关原生熔体为特征的岩浆阶段 2 的影响最小。阿曼钻井项目（OmanDP）的详细信息和进展情况具体见以下网站：<https://www.omandrilling.ac.uk/>。



图：汉诺威莱布尼茨大学高压实验室内热式压力容器简图

■ 作者信息

Juergen KOEPKE^a, Sandrin T. FEIG^b

^a Leibniz University Hannover, 30167, Hannover, Germany

^b University of Tasmania, Hobart TAS, 700,, Australia

本文发表于：Acta Geologica Sinica (English Edition) 2020 年第 94 卷 21-22

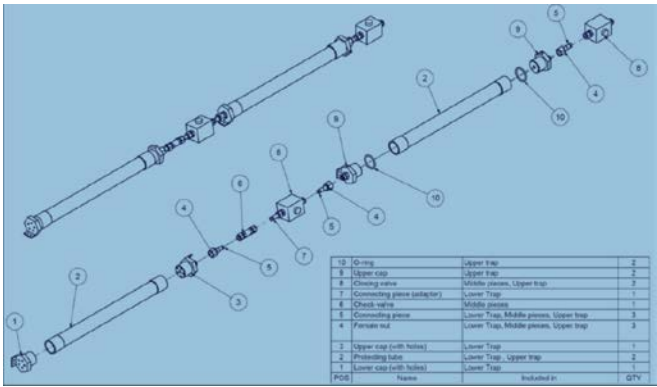
全文链接：<https://doi.org/10.1111/1755-6724.14439>

深陆相生物圈中的岩石表面真菌--利用地下原位生物膜捕集器探索微生物群落的形成

Rock Surface Fungi in Deep Continental Biosphere—Exploration of Microbial Community Formation with Subsurface In Situ Biofilm Trap

■ 摘要译文

真菌在地球上大多数生态系统的营养循环中均扮演着重要角色，然而它们在深部大陆地下的生态和功能仍然未知。在这里，我们报告了首次观察到的大陆深部生物圈中云母片岩上的活跃真菌定殖，以及深部地下真菌在前寒武纪基岩内 500m 和 967 m 深的地下水原位条件下附着到岩石表面的能力。本文以芬兰东部奥托昆普深井为试验场，介绍了一种原位地下生物膜捕集器，旨在揭示大陆深部地下水中岩石表面的固着微生物群落。在奥托昆普地下观察到的真菌门有担子菌门、子囊菌门和被孢霉门。此外，还有相当一部分群落代表未被归类的真菌。云母片岩表面的固着真菌群落不同于浮游真菌群落。细菌门主要为厚壁菌门、变形菌门和放线杆菌门。岩石表面生物膜的形成是一个缓慢的过程，我们的结果表明，当原始矿物表面暴露于深部地下生态系统时，真菌和细菌群落主导了早期的表面附着过程。各种真菌在统计上均表现出与硫代硫酸盐和硫酸盐还原菌存在显著的跨界相关性，例如，SRB2 与汉森德巴酵母菌。



图：原位生物膜捕集器示意图

■ 作者信息

Maija Nuppenen-Puputti ^a, Riikka Kietäväinen ^b, Lotta Purkamo ^b, et al.

^a VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Finland

^b Geological Survey of Finland, 02151 Espoo, Finland

本文发表于： Microorganisms 2021 年第 9 卷 64

全文链接： <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010064>

深部高应力矿井中泥层对脆性剪切断裂扩展的影响

The effect of a gouge layer on rupture propagation along brittle shear fractures in deep and high-stress mines

■ 摘要译文

在深部高应力金矿开采中,断层泥的存在和两个滑动岩石面之间磨损材料的产生对滑动弱化和沿板状挖掘前形成的地下脆性剪切断裂扩展起着关键作用。我们进行了两种类型的摩擦实验:一种是在两个滑动面之间有断层泥层,另一种是没有断层泥层的“岩石-岩石”,实验条件均为室内干燥条件,滑动速度在~1.0 mm/s 到 1200 mm/s 之间。这些摩擦试验表明,摩擦弱化行为存在显著差异,例如,岩石-岩石摩擦实验表明,在较低的滑动速度(~5mm/s)下,岩石的摩擦性能有所减弱,并且通常比滑动面之间有断层泥的岩石具有较低的摩擦强度。研究表明,滑动面间断层泥层的存在延缓了断层弱化的发生(即泥层实验的滑动弱化位移大于岩石-岩石的实验)。急速加热被认为可能是泥层实验和岩石-岩石实验中主要的主动弱化机制,并为观察到的弱化提供了一个可行的解释。观测到的滑动弱化位移(Dc)差异可能是由于滑动面之间存在泥层,与岩石-岩石试验相比,该泥层在滑动过程中有更多的接触,从而降低了每次接触的平均滑动速度,后果是,急速加热可能被触发,它会延迟弱化的发生。在这里我们建议,可以通过进行低速、中速、高速滑动摩擦实验来描述沿地下脆性剪切带的脆性剪切断裂扩展过程,滑动岩石面之间有无断层泥的情况都实验。这些发现对地下剪切带断裂扩展过程的建模具有重要意义,这一过程是一种能够影响岩爆严重性从而影响矿工和采矿作业安全的现象。

■ 作者信息

S.B. Mngadi ^a, A. Tsutsumi ^b, Y. Onoe ^b, M.S.D. Manzi ^a, et al.

^a School of Geosciences, University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa

^b Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto, Japan

本文发表于: Journal of Geophysical Research: Solid Earth 2021 年第 137 卷 104454

全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.jrmms.2020.104454>

基于模型的泥浆脉冲信号泵噪声抑制方法研究

Study on model-based pump noise suppression method of mud pulse signal

■ 摘要译文

在超深钻井作业中,由于泵噪声的主要干扰,有效信号的获取非常复杂。因此,本文主要针对泥浆脉冲信号泵提出了四种基于模型的噪声抑制方案。首先,在详细分析泵噪声特性的基础上,建立了三种泵噪声状态空间模型(线性非时变模型、线性时变模型和非线性模型)。然后,分别采用基于线性系统的标准卡尔曼滤波和采用非线性系统的扩展卡尔曼滤波和无迹卡尔曼滤波算法对泵噪声进行重构和滤波。此外,还特别采用了基于新的功率阈值函数的小波阈值去噪方法,滤除泵噪声去除后的剩余随机噪声。同时,对稳定/非稳定泵噪声状态下不同 SNRs(信噪比)的含噪泥浆脉冲信号进行了仿真。此外,还对四种方案进行了深入的噪声抑制性能实验。结果表明,四种方案均能抑制甚至去除原始信号中的稳定或不稳定泵噪声:方案 1 和方案 2 的去噪效果相似,可以将不同强度的稳定和不稳定泵噪声信号的信噪比分别提高约 5~25db 和 5~14db;方案 3 可将信号的信噪比分别提高 4~20db 和 2~8db,方案 4 可分别提高 4~20db 和 1~8db。在综合考虑去噪能力、计算强度和收敛速度的基础上,我们建议采用将非时变线性模型与标准卡尔曼滤波相结合的方案 1。

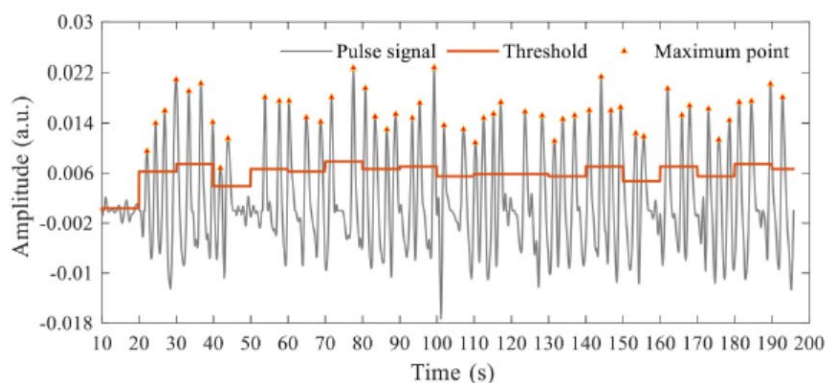


图: 基线校正和自适应阈值确定后的信号

■ 作者信息

Guo Chen^a, Zhidan Yan^a, Tingzheng Gao^b, Hehui Sun^b, et al.

^a College of Information & Control Engineering, China University of Petroleum, China

^b Bohai Drilling Engineering Company Limited, China National Petroleum Corporation, China

本文发表于: Journal of Petroleum Science and Engineering 2021 年第 200 卷 108433

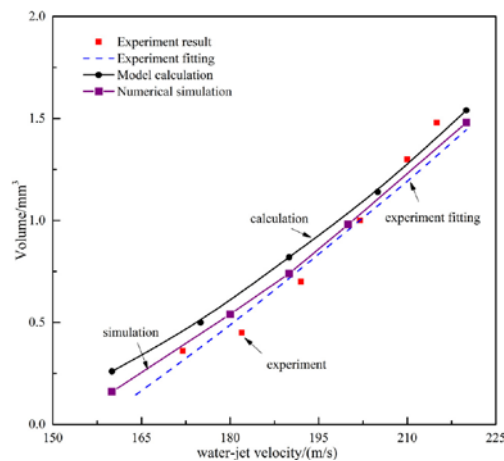
全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108433>

深井钻井工程中颗粒水射流冲击破坏体积的数学建模与验证分析

Failure volume under particle water-jet impact in deep well drilling engineering: Mathematical modeling and verification analysis

■ 摘要译文

深、超深油气钻井过程中，由于应力环境复杂，地层坚硬，存在钻井速度慢、井斜、成本高等难题。作为衡量破岩效率的重要参数之一，本文提出了适用于深井破岩技术的破坏体积数学模型。首先，在自行研制的实验平台上进行了颗粒射流冲击破岩实验，并对岩样进行了强度测试。然后，基于接触力学理论，建立了随粒径和水射流速度变化的射流冲击破岩破坏体积模型。同时，介绍了颗粒射流冲击岩石的仿真模型和方法，并对其损伤演化进行了动力学模拟。通过对试验结果、模型计算和动态模拟的对比分析，得出在喷嘴直径不变的情况下，随着水射流速度的增加，破坏体积呈线性增加，而颗粒尺寸对破坏体积影响不大。理论模型与岩石破碎实验的对比结果基本一致，证明了破坏体积模型的正确性和适用性。



图：不同水射流速度下的破坏体积对比曲线

■ 作者信息

Fushen Ren^a, Tiancheng Fang^a, Xiaoze Cheng^b, Jianxun Cheng^a

^aSchool of Mechanical Science and Engineering, Northeast Petroleum University, China

^bThe China National Petroleum Corporation, China

本文发表于: Alexandria Engineering Journal

2021 年第 60 卷 1839-1849

全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.11.032>

钻井-地震信息集成指导下的钻井技术

A drilling technology guided by well-seismic information integration

■ 摘要译文

由于地震速度模型解决方案的非唯一性, 钻井相关力学和地质模型的预测在一定程度上是不准确的。为了解决这一问题, 我们提出了一种以钻井-地震信息集成为指导的钻井新技术, 包括已钻地层地震速度更新、钻头前方的地层地震速度预测、地质特征及钻井地质环境因素预测。在这项技术中, 钻头后面的真实信息(速度、地层和深度)和钻孔周围的局部叠前地震资料用于校正原始地震速度场以便进行地震数据的再偏移, 并更新钻头前方的地质特征和钻井地质环境因素。现场应用表明, 该技术能及时描述和预测钻头前方的地质特征、钻井地质环境因素和复杂钻井问题, 大大提高了预测效率和精度。这些新的研究成果为优化钻井决策提供了科学依据。

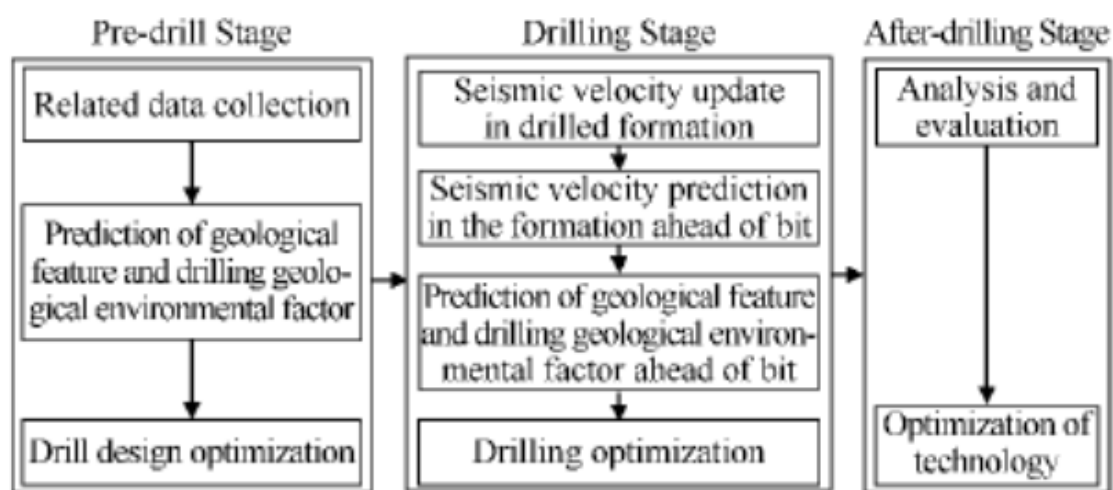


图: 钻井-地震集成指导下的大致钻井工作流程

■ 作者信息

LU Baoping, YUAN Duo, WU Chao, HOU Xutian

Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China

本文发表于: Petroleum Exploration and Development 2020 年第 47 卷 1325-1332

全文链接: [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(20\)60140-4](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(20)60140-4)