



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 (2023 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 2023 年地球深部探测专辑的第 1 期,收录了选自 Elsevier、Wiley 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深部构造、古环境与气候、地球物理、海洋地质学、岩石学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

埃格裂谷观测站的 ICDP 钻探：驱动地震群的岩浆流体和深部生物圈	1
南非 MOAB KHOTSONG 金矿下方 2014 年奥克尼地震 (M5.5) 余震云中断层岩的特征	2
钻探过深的阿尔卑斯山谷 (ICDP-DOVE)：量化阿尔卑斯冰川的年龄、范围和环境影 响	3
龙门山断裂带断层泥的摩擦特性及其对地震破裂传播的启示 (来自 WFSD-3)	4
中更新世过渡时期首次出现的北大西洋冰川中间水 (GNAIW)	5
地中海-黑海通道交流：BLACKGATE 项目科学钻探研讨会	6
亚洲边缘海季风勘探综合	7
测量岩芯矿物模态和化学成分的途径采样策略：应用于 IODP 第 345 次考察在 HESS DEEP 裂谷采集的下洋壳岩石	8
IODP U1482 钻孔底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的气候与构造对印尼贯穿流中间水上更新世演 化的制约	9
下洋壳火成岩层边界的硫化物富集：西南印度洋脊亚特兰蒂斯海岸的 IODP U1473A 钻孔	10



获取更多地学文献信息，请关注“中国地质图书馆”公众号

本刊由“地球科学文献知识服务与决策支撑工程”项目支持

专辑主编：赵小平

审 校：陈 晶

审 核：王学评

联系电话：(010)66554993

联系人：赵小平

电子信箱：982550465@qq.com

埃格裂谷观测站的 ICDP 钻探：驱动地震群的岩浆流体和深部生物圈

ICDP drilling of the Eger Rift observatory: magmatic fluids driving the earthquake swarms and deep biosphere

■ 摘要译文

在 ICDP 埃格项目框架内建立的新的原位地球动力学实验室旨在开发最现代、最全面的多参数深部实验室，用于研究地震群、地壳流体流动、地幔衍生 CO₂ 和氦气脱气以及深部生物圈过程。为了使地震群及相关现象的高频、近源、多参数观测达到新水平，这样的实验室包括一组配备了高频三维地震阵列的浅钻孔，用于深部流体的现代连续实时监测及深部生物圈研究。该实验室位于捷克共和国与德国边界处的埃格裂谷西部（西波希米亚-沃格特兰地球动力学区域），包括一组地震活动区周围的五个钻孔。迄今为止，所有监测钻孔均已完成。这包括在主要 Nový Kostel 孕震带北部和东部结晶单元内的地震监测钻孔 S1、S2 和 S3、Hartoušov mofette 油田的钻孔 F3 以及在 Libá 附近新发现的 Bažina maar 内的钻孔 S4。Neualbenreuth maar 正在准备用于古气候和生物研究的增补钻孔 P1。在这些钻孔中，每一个钻孔都将安装一台钻孔宽带地震仪，S1、S2 和 S3 钻孔还将安装一个由垂直检波器链和地面地震阵列组成的三维地震阵列。S1 钻孔的地震仪器已安装完成，其余四个监测钻孔正在准备中。Hartoušov 的连续流体监测现场包括 F1、F2 和 F3 三个钻孔，目前正处于试点监测阶段。该实验室还使人们能够在栖息地发生变化的背景下分析 CO₂ 碳酸喷气孔和玛珥结构内的微生物活动。对玛珥火山的钻探有助于更好地了解第四纪古气候和火山活动。

■ 作者信息

Tomáš Fischer^a, Pavla Hrubcová^b, Torsten Dahm^c, et al.

^a Faculty of Science, Charles University, 128 43 Prague, Czech Republic

^b Institute of Geophysics, Czech Academy of Sciences, 141 31 Prague, Czech Republic

^c GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

本文发表于：Scientific Drilling

2022 年第 31 卷 31-49 页

全文链接：<https://doi.org/10.5194/sd-31-31-2022>

南非 Moab Khotsong 金矿下方 2014 年奥克尼地震 (M5.5) 余震云中断层岩的特征

Characteristics of Fault Rocks Within the Aftershock Cloud of the 2014 Orkney Earthquake (M5.5) Beneath the Moab Khotsong Gold Mine, South Africa

■ 摘要译文

国际大陆科学钻探计划“钻入南非金矿深部 M2.0 至 M5.5 地震孕震带”项目获取的岩芯包括 2014 年奥克尼地震 (M5.5) 余震云中的断层角砾岩。角砾岩及其周围侵入岩 (可能是富含滑石、黑云母、方解石和角闪石的煌斑岩) 由于磁铁矿的存在而具有较高的磁化率。所有这些特征都可归因于与流体相关的蚀变。角砾岩和煌斑岩都具有较低的摩擦系数, 并显示出速度增强的迹象, 这与地震的发生不一致。煌斑岩中不同数量的滑石、黑云母、方解石和角闪石可能就断层稳定性而言产生了复杂的摩擦性质和空间异质性。蚀变煌斑岩可能是 2014 年奥克尼地震的围岩, 但摩擦复杂性可能决定了主震和余震的震级及其分布。

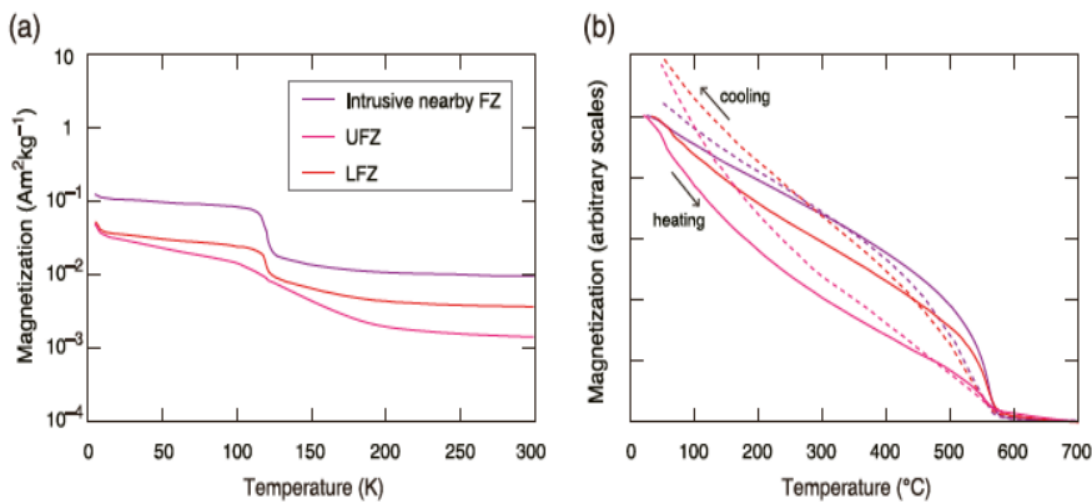


图: (a) 低温等温剩余磁化的热消磁曲线和 (b) 高温加热及后续冷却下的热磁曲线

■ 作者信息

T. Miyamoto^a, T. Hirono^b, Y. Yokoyama^c, et al.

^a Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Japan,

^b Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University, Osaka, Japan,

^c Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, Osaka, Japan

本文发表于: Geophysical Research Letters

2022 年第 49 卷 1-9 页

全文链接: <https://doi.org/10.1029/2022GL098745>

钻探过深的阿尔卑斯山谷 (ICDP-DOVE) : 量化阿尔卑斯冰川的年龄、范围和环境的影响

Drilling Overdeepened Alpine Valleys (ICDP-DOVE): quantifying the age, extent, and environmental impact of Alpine glaciations

■ 摘要译文

ICDP 的 DOVE 项目 (钻探过深的阿尔卑斯山谷) 第 1 阶段对来自阿尔卑斯山北部前缘多处冰川过深槽的一系列岩芯进行了研究。所有地点都将进行第四纪环境动力学方面的调查, 重点是冰蚀、植被和景观历史。沉积学分析结合井下测井、生物遗迹分析和最先进的地质年代学方法, 将使我们能够重建过深槽的侵蚀和沉积历史。这种方法有望产生重要的新数据, 量化阿尔卑斯山脉中更新世和晚更新世冰蚀的范围和时间。在第一阶段, 于 2021 年后在莱茵河冰川古扇叶下方的两个填塞过深区域打了两个钻孔, 都得到了由多期冰川序列组成的槽状充填物。全取芯孔 5068_1_C 深达 165 m, 并在底部获取了 10 m 磨拉石基岩。该孔将与两个冲洗孔 (5068_1_A 和 5068_1_B) 一起用于进一步的地球物理孔间实验。钻孔 5068_2 深度为 255 m, 底部位于软岩-基岩接触附近。这两个钻孔可由三个遗留钻探孔进行补充, 这些钻孔先前在更东部的阿尔卑斯山 Isar Loisach、Salzach 和 Traun 古冰川叶 (5068_3、5068_4、5068_5) 下方获得了过深充填物。在 DOVE 第 1 阶段所做的所有分析和解释最终将为即将到来的第 2 阶段奠定基础, 该阶段将完成泛阿尔卑斯项目目标。这一后续阶段将通过分布在法国、意大利和斯洛文尼亚的钻孔, 调查先前被阿尔卑斯山西部和南部边缘古冰川裂片所占据的过深区域。可用的地质信息和基础设施使阿尔卑斯山成为研究过深构造的理想地区; 然而, 这项研究的预期结果并不仅仅局限于阿尔卑斯山。这些特征在其他以前被冰川覆盖的山脉中也很常见, 对这些山脉所做的研究比阿尔卑斯山少, 而且钻探后勤保障方面也存在更多问题。这项研究的结果将成为我们了解与地球上所有先前被冰川覆盖的地区相关的各种地质过程的规范模式。

■ 作者信息

Flavio S. Anselmetti^a, Milos Bavec^b, Christian Crouzet^c, et al.

^a Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, University of Bern, Switzerland

^b Geological Survey of Slovenia, 1000 Ljubljana, Slovenia

^c Department of Geology, Université Savoie Mont Blanc, Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, ISTERRE, France

本文发表于: Scientific Drilling

2022 年第 31 卷 51-70 页

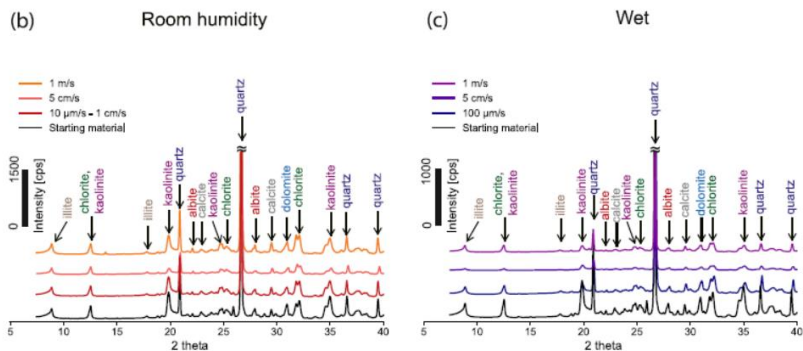
全文链接: <https://doi.org/10.5194/sd-31-51-2022>

龙门山断裂带断层泥的摩擦特性及其对地震破裂传播的启示 (来自 WFSD-3)

Frictional Properties of the Longmenshan Fault Belt Gouges From WFSD - 3 and Implications for Earthquake Rupture Propagation

■ 摘要译文

本文介绍了一项旋转剪切摩擦实验结果，该实验是在汶川地震断层科学钻探 3 号工程沿着 GAF 于大约 1.25 km 深处采集的 GAF 断层泥上进行的。断层泥主要由石英、伊利石、绿泥石和高岭石组成，在室温和潮湿条件下，以 10^{-5} -2 m/s 的滑移速度和 8.5-10 MPa 的正应力进行剪切。在任何附加滑移速度下，湿断层泥的表观摩擦系数都低于室内湿度下的系数。此外，在中等速度 (10^{-2} m/s < V ≤ 10^{-1} m/s) 下，我们还识别出增强的速度强化行为。我们使用场发射扫描电子显微镜结合同步辐射 X 射线衍射分析来研究产品的特征。微观分析研究证明，在主滑移带 (PSZ) 中形成了小尺寸颗粒 (无矿物相变化) 和 R 和 Y 剪切。无论环境条件如何，PSZ 的宽度都与输入摩擦功密度 (剪切应力与位移的乘积) 成正比。我们的结果支持这一假设，即 GAF 优先通过湿断层泥破裂；然而，中等速度下的增强速度强化机制可能会在断层破裂传播过程中阻碍滑移加速。但在断层破裂传播过程中，中速下的增强速度强化机制可能会成为滑动加速度的障碍。



图：断层泥内选定区域的矿物学相，峰值证实了剪切断层泥与起始材料之间的相似性

■ 作者信息

Li-Wei Kuo^a, Chien-Cheng Hung^b, Haibing Li^c, et al.

^aDepartment of Earth Sciences, National Central University, Taoyuan, Taiwan

^bEarth Simulation Laboratory, Department of Earth Sciences, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands

^cInstitute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, China

本文发表于: Journal of Geophysical Research. Solid Earth 2022年第127卷1-24页
全文链接: <https://doi.org/10.1029/2022JB024081>

中更新世过渡时期首次出现的北大西洋冰川中间水 (GNAIW)

The first appearance of Glacial North Atlantic Intermediate Water (GNAIW) during the Mid-Pleistocene transition

■ 摘要译文

中更新世过渡期 (MPT) 可以说是整个更新世期间地球气候系统转变最显著的时期。其特征是冰川旋回周期从约 40 kyr 转变为约 100 kyr, 同时伴随着冰川大陆冰盖的显著增长。为了寻找冰冻圈中这些变化的潜在驱动因素, 有人提出深海环流的减缓是一个重要因素, 它可能降低大气中 CO_2 的分压水平, 从而创造了有利于形成大型冰盖的边界条件。此外, 正如末次冰川盛冰期所论证的那样, 中间水产量的增加可能会增强中深层海洋的分层, 从而抑制深海的二氧化碳释放, 进而降低大气温室气体的浓度。为了研究整个 MPT 期间北大西洋中间水水团结构的潜在变化, 我们利用了栖息于深温跃层的厚壳球形有孔虫的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 记录, 这些有孔虫是国际海洋发现计划 (IODP) 在中纬度 U1313 钻孔获得的。结合拉布拉多海水基准点 (IODP U1305 钻孔) 和北大西洋东北部中间水 (海洋钻探项目 982 钻孔) 的底栖和浮游生物 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 数据, 我们的数据表明, 中间水水团的产生和扩散在 MPT 期间发生了重大变化。特别是, 我们注意到冰川中间水从海洋同位素阶段 (MIS) 22 开始变浅, 我们将其解释为北大西洋冰川中间水的首次出现, 这是大西洋晚更新世冰川水团的重要组成部分。我们进一步推断, 在 MPT 期间, 暖咸地中海流出水 (MOW) 的数量和垂直位置对北大西洋中间水团的空间结构具有重大影响, 因为它能够调节地下热传输和等密度配置。因此, 我们的新发现为迄今为止被低估的中间水循环在 MPT 期间塑造海洋和潜在大气变化中的作用提供了证据。

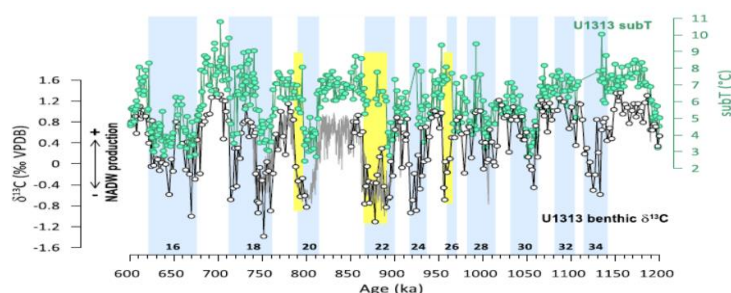


图: U1313 钻孔处的深层温跃层温度

■ 作者信息

André Bahr, Maria Carolina Amorim Catunda, Oliver Friedrich

^aInstitute of Earth Sciences, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

本文发表于: Global and Planetary Change

2022 年第 218 卷 103977

全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2022.103977>

地中海-黑海通道交流: BlackGate 项目科学钻探研讨会

Mediterranean-Black Sea gateway exchange: scientific drilling workshop on the BlackGate project

■ 摘要译文

麦哲伦 Plus 研讨会“BlackGate”讨论了有关地中海-黑海(MBS)通道动态演变及其古环境后果的基本问题。这一通道驱动了黑海中新世-第四纪环流模式,并决定了黑海作为目前世界上最大的海洋缺氧范例的地位。MBS 通道的交换历史很少受到限制,因为毗邻黑海或爱琴海北部的陆地上没有暴露出连续的上新世-第四纪沉积物。通道交换受流域内气候(冰川-海平面升降驱动的海平面波动)和构造过程以及通道区域内北安那托利亚断裂带(NAFZ)构造扩张的控制。连通性的变化引发了黑海和地中海地区古环境和生物的剧烈变化。在 MBS 通道上钻探一个从墨西阶至全新世的横截面,将恢复冰川-间冰期旋回期间大陆尺度水文变化的高振幅记录,并使我们能够重建海洋和淡水通量、生物更替事件、深部生物圈过程、原始沉积物的地下梯度、控制缺氧的模式和过程,化学扰动和碳循环、NAFZ 的生长和扩张、非洲和/或亚欧哺乳动物迁徙的陆桥时间,以及在墨西阶盐度危机期间是否存在水交换。在研讨会的深入讨论中,通过特定任务平台(MSP)选择了三个关键地点进行潜在钻探:一个位于黑海土耳其边缘(阿尔汉格尔斯基海脊,海底以下 400 m),一个位于马尔马拉海南部边缘(北伊姆拉利盆地,海底以下 750 m),一个位于爱琴海(北爱琴海海槽,海底以下 650 m)。所有地点均以第四纪缺氧-缺氧泥灰岩-腐泥旋回为目标。计划包括从黑海和爱琴海钻取上新世湖相沉积物和中新世海洋-半咸水混合沉积物。由于 JOIDES Resolution 无法通过博斯普鲁斯海峡大桥,因此需要 MSP 钻探。更广泛的目标与国际海洋发现计划(IODP)“2050 年科学框架:通过科学海洋钻探探索地球”的目标和范围一致,并与“地球气候系统”、“地球历史转折点”和“影响社会的自然灾害”等战略目标具体相关。

■ 作者信息

Wout Krijgsman^a, Iuliana Vasiliev^b, Anouk Beniest^c, et al.

^a Department of Earth Sciences, Utrecht University, 3584 CB Utrecht, the Netherlands

^b Senckenberg Biodiversity and Climate Research Centre (SBiK-F), 60325 Frankfurt am Main, Germany

^c Department of Geosciences, Vrije Universiteit Amsterdam, 1081 HV Amsterdam, the Netherlands

本文发表于: Scientific Drilling

2022 年第 31 卷 93-110 页

全文链接: <https://doi.org/10.5194/sd-31-93-2022>

亚洲边缘海季风勘探综合

A synthesis of monsoon exploration in the Asian marginal seas

■ 摘要译文

国际海洋发现计划 (IODP) 在 2013 年至 2016 年间开展了一系列科考活动, 旨在解决亚洲和澳大利亚季风气候系统的发展问题。从阿拉伯海到日本海再向南到澳大利亚西部的新第三纪剖面的复原工作取得了重大进展。先进的活塞取芯器 (APC) 的高采收率提供了大量半连续剖面用于研究季风演变。使用半长度 APC 对印度洋海底扇中的富沙沉积物进行了成功采样。记录显示, 湿度和季节性在该地区是随时间发展的, 尽管大多数地区自中新世中期以来 (尤其是自~4 Ma 以来) 出现了干燥现象, 这可能与全球降温有关。从 C₃ 到 C₄ 植被的过渡通常伴随着干燥, 但可能与全球降温更相关。中新世晚期, 西澳大利亚和中国南部地区可能偏离了变湿的总体趋势, 澳大利亚季风受到印尼贯穿流的影响更大, 而亚洲季风则更多地与南亚喜马拉雅山脉的上升和东亚的青藏高原联系在一起。季风表现出对轨道强迫的敏感性, 在北半球冰期, 许多地区的夏季季风较弱。更强的季风与更快的大陆侵蚀有关, 但与风化强度无关。自中新世中期以来, 亚洲大陆的风化强度要么没有变化, 要么有所下降。海洋生产力指标和陆地化学风化、侵蚀和植被指标经常出现差异。对于几乎未知的古近系, 以及碳酸盐岩台地作为古海洋条件档案的潜力, 还需进一步研究。

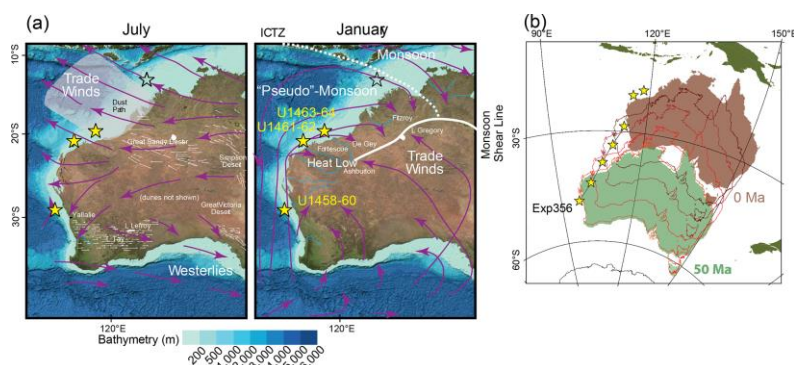


图: (a) 1 月和 7 月的大气环流(1972)、平均季风切变线(1986)和热带辐合带(ITCZ);
(b) 澳大利亚自 50 Ma 以来以 10 Myr 为间隔的板块构造运动, 及第 356 次考察路径

■ 作者信息

Peter D. Clift^a, Christian Betzler^b, Steven C. Clemens^c, et al.

^a Department of Geology and Geophysics, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

^b Institute for Geology, German Research Fleet Coordination Center, University of Hamburg, Germany

^c Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, Box 1846, Brown University, Providence, USA

本文发表于: Scientific Drilling

2022 年第 31 卷 1-29 页

全文链接: <https://doi.org/10.5194/sd-31-1-2022>

测量岩芯矿物模态和化学成分的途径采样策略：应用于 IODP 第 345 次考察在 Hess Deep 裂谷采集的下洋壳岩石

A channel sampling strategy for measurement of mineral modal and chemical composition of drill cores: application to lower oceanic crustal rocks from IODP Expedition 345 to the Hess Deep rift

■ 摘要译文

本文提出了一种新的采样策略，用于采集岩芯的代表性样本。在利用金刚石锯将岩芯分成工作和存档两半时，锯屑构成了“途径”样本，这是获得岩芯平均矿物学和地球化学成分的最佳子样本。我们将此策略应用于在综合海洋钻探计划（现为国际海洋发现计划）第 345 次考察中获得的 Hess Deep 下洋壳岩芯样本。研究结果表明，锯切产生的颗粒从沙子到粘土大小不等。沙子和粉砂大小的岩屑可以用抹刀取样，而粘土大小的颗粒在 12 小时后仍保持悬浮状态，只能通过沉降和离心机辅助收集。X 射线衍射（XRD）分析和 Rietveld 精修表明，层状硅酸盐被分离为粘土粒级。因此，收集沉淀部分和粘土级悬浮颗粒（通常大于总重量的 15%）对于捕获整个样品来说是必须的。回收样品质量（以克为单位）与岩芯切割长度之间的强正相关表明，该采样方案是一致的和系统的，每厘米岩芯切割产生的沉积物均为近 1.4 克。我们认为，途径样品的主要元素浓度优于在 JOIDES Resolution 上分析的胚料尺寸样品的成分，而结果表明，单个胚料分析很少能代表整个回收的岩芯。对所提策略有效性的最终检验来自于途径样品的灼烧损失（LOI）值与通过 X 射线衍射和 Rietveld 精修得到的模态矿物学计算出的 H₂O 含量之间的强正相关。该采样程序表明，粒度分级改变了矿物学和化学成分；然而，这种途径采样方法是获得大块岩芯代表性样品的可靠方法。随着现代分析仪器精度的不断提高，该采样协议使分析结果的准确性能够保持同步。

■ 作者信息

Robert P. Wintsch^a, Romain Meyer^b, David L. Bish^c, et al.

^a Department of Earth and Environmental Sciences, Wesleyan University, Middletown, CT 06459, USA ^b Geological Survey of Luxembourg, Ministry of Mobility and Public Works, 23, Rue du Chemin de Fer, Luxembourg

^c Department of Chemistry, Indiana University, Bloomington, IN 47405, USA

本文发表于：Scientific Drilling

2022 年第 31 卷 71-84 页

全文链接：<https://doi.org/10.5194/sd-31-71-2022>

IODP U1482 钻孔底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的气候与构造对印尼贯穿流中间水上更新世演化的制约

Climatic and tectonic constraints on the Plio–Pleistocene evolution of the Indonesian Throughflow intermediate water recorded by benthic $\delta^{18}\text{O}$ from IODP site U1482

■ 摘要译文

印度尼西亚贯穿流（ITF）是太平洋和印度洋之间独特的低纬度连接线。在上新世至更新世期间，ITF 可能与印度尼西亚通道构造收缩相关的全球气候中发挥了重要作用，这可能是促进北半球冰川形成的原因之一。通道的持续收缩将限制 ITF 中间水域（ITF-IW），其优先级高于 ITF 上层水域。然而，由于沉积物档案的可用性有限，尚未对 ITF-IW 的上新世-更新世演化进行研究。在本研究中，我们介绍了自己在 U1482 钻孔获取的时间跨度为过去约 3.17-1.07 Ma 之间的 1368 个沉积物样本所做的研究，该钻孔是国际海洋发现计划第 363 次考察期间在帝汶通道（ITF 通往印度洋的主要出口）钻探的。U1482 钻孔被 ITF-IW 所覆盖，因此，可以通过保存在该地点的沉积物中的底栖有孔虫壳来监测 ITF-IW 的演变。根据在 ITF 区域内建立的第一个高分辨率（ ~ 1.53 kyr）上新世-更新世底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 地层，我们认识到，叠加在著名的 41 kyr 冰川-间冰期旋回之上，U1482 钻孔底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 的长期变化在约 2.51-2.43 Ma 之间（海洋氧同位素阶段（MIS）100/99-96/95）以及约 1.6 Ma（MIS 56/55）之间间断，随后，在约 1.6-1.2 Ma 的时间段内出现冰川-间冰期振幅降低的间歇期。我们认为，U1482 钻孔底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 主要受到约 1.6 Ma 之前全球冰盖增长的影响，此外也可能受到印尼门户构造收缩的影响。相比之下，在约 1.6-1.2 Ma 的时间间隔内，底栖生物 $\delta^{18}\text{O}$ 中冰川-间冰期振幅的降低更可能暗示 ITF-IW 携带的区域信号，这是由于与季风和西太平洋暖池条件相关的区域降水增强导致 ITF 表面流变淡，随后通过班达海的垂直混合被传输到中间深度。

■ 作者信息

Yixin Chen, Jian Xu, Jun Liu, et al.

State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Xi'an, China

本文发表于: Quaternary Science Reviews

2022 年第 295 卷 107666

全文链接: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107666>

下洋壳火成岩层边界的硫化物富集：西南印度洋脊亚特兰蒂斯海岸的 IODP U1473A 钻孔

Sulfide enrichment along igneous layer boundaries in the lower oceanic crust: IODP Hole U1473A, Atlantis Bank, Southwest Indian Ridge

■ 摘要译文

本文旨在通过关注硫化物集中的特定火成岩特征，提高对形成于缓慢扩张中心（约为现今海洋地壳的一半）的洋壳的认识。国际海洋发现计划（IODP）第 360 次考察在位于西南印度洋脊的亚特兰蒂斯海岸钻了一个深入海洋核杂岩下地壳的 U1473A 钻孔，孔深 789m。粗粒（5-30 mm）橄榄石辉长岩在整个钻孔中占主导地位，局部为细粒（30 mm）。为了了解硫化物的分布，我们研究了海底 109.5-110.8、158.0-158.3 和 593.0-594.4m 处三个不同的火成岩粒度层段，发现细粒辉长岩与粗粒辉长岩之间的层边界富含硫化物和亲硫元素。平均而言，整个分层中的硫化物颗粒由磁黄铁矿（体积 81%； Fe_{1-x}S ）、黄铜矿（体积 16%； CuFeS_2 ）和镍黄铁矿（体积 3%； $[\text{Ni,Fe,Co}]_9\text{S}_8$ ）组成，反映了岩浆成因的共生作用。硫化物通常与位于斜辉石、斜长石和橄榄石之间间隙位置的 Fe-Ti 氧化物（钛磁铁矿和钛铁矿）、闪石和磷灰石有关。磁黄铁矿中的镍黄铁矿析出结构表明，硫化物由镁铁质岩浆分离出的高温硫化物液体冷却后形成。硫化物在整个研究层段中相对均匀的相比比例及其化学和同位素组成进一步支持了层边界硫化物富集的岩浆成因。所研究的岩浆层可能是由较原始的岩浆（细粒辉长岩）侵入到前晶浆（粗粒辉长岩）而形成的。粗粒辉长岩中的硫化物富含铱-铂族元素（PGE；即 Ir、Os、Ru），但细粒辉长岩中的硫化物富含 Pd-PGE（即 Pd、Pt、Rh）。值得注意的是，来自层边界的硫化物也富含 Pd-PGE，因此边界处硫化物含量的升高可能与新的侵入熔体有关。由于硫化物饱和水平下的 S 浓度取决于熔体中的 Fe 含量，因此硫化物结晶可能是由 FeO 损失引起的。层边界处硫化物颗粒的增加可能广泛存在于下洋壳，塞迈尔蛇绿岩和中大西洋海脊沿线也存在这种现象。

■ 作者信息

A. M. Eijsink, M. J. Ikari

MARUM Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Germany

本文发表于：Geochimica et Cosmochimica Acta

2022 年第 320 卷 179-206 页

全文链接：<https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.01.004>