



地学快讯

2023 年第 6 期（总第 28 期）

中国地质调查局地学文献中心

2023 年 3 月 1 日

目 录

基础地质

1. 美国地质调查局即将对所有 Landsat 9 数据进行重新处理
2. 约翰斯·霍普金斯大学用 CRISM 多光谱数据研究火星诺亚纪地壳的不均一性
3. Epslog 工程公司提出岩心数据和机器学习在岩石相识别与分类中的应用方案

能源矿产

4. 加拿大 Beaufort-Mackenzie 三角洲天然气水合物系统成因的地质控制研究新进展
5. 德国科学家利用黄铁矿微量元素分析划分 George Fisher 锌铅银矿床成矿阶段、

6.美国阿拉斯加州 Graphite Creek 石墨矿床鳞片石墨矿化的变质历史与成因研究新进展

7.Fervo Energy 将开发综合地热和碳捕获设施

8.Geothermie Nederland 发布 2022 年地热数据

9.埃及 Abu Ghalaga 铁-钛铁矿成因研究新进展

10.我国科学家提出判别铅锌矿床类型的机器学习新算法

11.西藏驱龙斑岩型铜钼矿床原生晕地球化学研究新进展

12.黔中石炭系喀斯特铝土矿稀土成矿形态研究新进展

13.华北克拉通北部超大型岩溶铝土矿的成因机制研究新进展

14.金山店铁砂卡岩矿床岩浆-热液过程研究新进展

海洋地质

15.美国地质调查局推出用于深海研究的新设备

16.阿根廷矿业地质局即将开展新一年的南极科学考察

水工环地质

17.韩国科学家提出可提高水文性质评价效率的替代模型

18.最新研究认为深度超过 500 米的地下水对全球河流流量的贡献不到 0.1%

地质灾害

19.美国科学家提出降雨驱动的缓慢移动山体滑坡的粘塑性模型

20.喀喇昆仑公路沿线滑坡敏感性填图新进展

碳达峰碳中和

21.中科院生态中心大数据分析量化中国生态恢复固碳效应新进展

基础地质

1. 美国地质调查局即将对所有 Landsat 9 数据进行重新处理

从 2023 年 3 月 1 日开始, 美国地质调查局将重新处理 Landsat 9 Collection 2 操作陆地成像仪 (OLI) 和热红外传感器 (TIRS) 的所有数据, 采用 USGS/NASA 校准和验证团队确定的校准更新, 预计需要大约 6-8 周。更新将从最新的数据开始, 向前处理至 2021 年 10 月 31 日, 并将替换当前可供下载的先前版本。对 Level-1 产品的再处理将影响到同一时期的所有 Collection 2 Level-2 产品和美国 Landsat 分析准备数据。每个场景的产品 ID 将使用新的处理日期进行更新。对于科学和应用用户, 校准更新对大气补偿的二级表面反射率和地表温度产品的总体影响很小。鼓励用户评估所有改进和影响, 以确定是否应将其现有的 Landsat 9 数据替换为新处理的数据。这项工作将对 Landsat 9 OLI 和 TIRS 数据进行多项改进: (1) 改进 (系统地形) Level-1GT 场景: ①OLI 仪器的沿轨道对准调整可将 L1GT 精度提高 20 米; ②南极洲上空的所有场景都会得到改善, 包括几个岛屿、格陵兰岛和主要由水组成的沿海图像。(2) OLI 数据的改进: ①减少了 Landsat 9 OLI 的 SWIR-2 波段 (波段 7) 中可见的 14 个焦平面模块在明亮目标上的条带; ②改进了 Landsat 9 到 Landsat 8 OLI 传感器之间的交叉校准和一致性, 影响了所有 Landsat 9 OLI 波段。最大的改善是绿光波段反射率提高约 0.5%, 卷云波段辐射亮度提高约 5%。(3) TIRS 数据的改进: ①更新了 TIRS 绝对辐射, 它会影响大气顶部的亮度温度和地表温度; ②调整以改进 TIRS 到 OLI 仪器的几何对准; ③TIRS 波段 10 中的 16 个探测器和 TIRS 波段 11 中的三个探测器已被机载冗余探测器取代, 以减少由于探测器响应变化引起的条纹。

(美国地质调查局, 2023.2.24)

2. 约翰斯·霍普金斯大学用 CRISM 多光谱数据研究火星诺亚纪地壳的不均一性

以往的资料表明, 火星诺亚纪地壳的原生和次生矿物学组成具有不均一性。针对这一问题, 约翰斯·霍普金斯大学应用物理实验室的研究人员利用火星探测成像光谱仪(CRISM)的多光谱数据评估了火星地壳诺亚纪区域原生和次生矿物组成的不均一性。CRISM 多光谱数据具有其他数据集无法获得的高空间分辨率和覆盖范围, 并揭示了此前未被识别的露头。多光谱数据证实了 CRISM 目标观测和 OMEGA 火星探测仪对地壳垂直方向与大范围水平方向的差异以及次生矿物的蚀变程度和品位的解释。玄武质地壳在一端发生了最小程度的蚀变, 主要是蒙脱石粘土; 而在另一端广泛发育富铝蚀变, 表面物质还叠加富集盐类和沉淀物, 表明多次蚀变的发生。所揭示的原生矿物学垂直结构与前人的研究结论一致。该研究证明, 不同区域间次生矿物蚀变的范围和程度差异很大, 可能受热源控制, 包括邻近大型撞击盆地和提供内生热的岩浆体。

(Geophysical Research Letters, 2023.2.24)

3. Epslog 工程公司提出岩心数据和机器学习在岩石相识别与分类中的应用方案

Epslog 工程公司 Christophe Germy 研究团队提倡采用综合的岩心分析解决方案, 结合跨学科的、高分辨率的、非破坏性的整体岩心测量, 对岩心进行早期、客观的描述, 并快速评估地层的特征。一方面通过多学科和非破坏性测试, 提高岩心信息的价值。对岩心样本沿表面进行扫描, 并将结果通过传感器传输至终端设备。包括超高分辨率图片、元素组成和地质

力学特性直接测量在内的技术，提供了连续高分辨率剖面。全景图片经过处理以提取纹理、颜色特征和粒度分布。粒度分布由激光扫描创建的地形图分析来支持。结果以特有格式组合在一起，从而简化了从标准测试（常规岩心分析、岩石力学测试）验证到构建稳健的预测性岩石模型的跨学科工作。另一方面是应用于岩心数据集的机器学习方案。无监督方案旨在识别岩石相，而监督方案用于将测试的岩石分类为具有已知岩石物理特性的预定义岩石相。研究团队通过案例研究强调了这种与 AI 相结合的岩心分析方法在自动识别和分类岩石相方面的优势。这种新颖的分析方法利用了对岩心特性分布的详细而全面的了解，以独特的范式适用于所有学科，从而简化了跨学科工作，显著改进了现有的岩心分析标准。它还为训练 AI 岩石储层属性预测器提供了良好的基础，将测井数据与基于岩心的岩相特征联系起来。

（伦敦地质学会，2023.2.23）

能源矿产

4. 加拿大 Beaufort-Mackenzie 三角洲天然气水合物系统成因的地质控制研究新进展

德国地球科学研究中心李振团队通过研究验证所提出的北极永久冻土天然气水合物形成机制，认为自晚更新世以来，富甲烷（ CH_4 ）流体通过地质断层系统从深层超压带垂直运移，形成了今天所观察到的地下永久冻土天然气水合物矿床。根据这一假设，沿海永久冻土自更新世早期海平面下降以来就开始形成，直到 100 万年前，其厚度一直稳步增加。该研究还通过对测井数据和二维地震剖面数据的数字化处理，建立了马力克地区第一个野外尺度静态三维地质模型，全面研究了多年冻土及其相关天然气水合

物系统的成因，并对模型进行了验证。结果表明，在 87% 的 Mallik 井段，预测的永久冻土厚度与观测值的偏差小于 0.8%。研究表明，地下永久冻土天然气水合物的空间分布是各种过程综合作用的结果，包括源气生成速率、地下温度和构造地质特征的水力特性。本研究提供了驱动复杂永久冻土天然气水合物系统的地质控制。该模型适用于预测多年冻土环境中天然气水合物矿床的厚度和饱和度，可为未来天然气水合物勘探和开发提供相关贡献。

(Front. Earth Sci., 2023.2.27)

5. 德国科学家利用黄铁矿微量元素分析划分 George Fisher 锌铅银矿床成矿阶段

德国地球科学研究中心 Philip Rieger 团队对澳大利亚北部 George Fisher 铅锌银矿床中的黄铁矿进行了微量元素分析，认为其在理解复杂、多阶段块状硫化物系统形成，以及识别沉积盆地矿物系统周围的热液异常方面具有重要作用。该研究对 George Fisher 铅锌银矿床中的黄铁矿进行了 LA-ICP-MS 数据分析，并结合全岩数据进行了解释。结果表明，黄铁矿形成共分为三个阶段。第一阶段形成的黄铁矿富 Co、Cu、Zn、As、Ag、Sb、Tl、Pb 等元素，Co/Ni 比值较高，与 Carpentaria 省北部的碎屑岩主导的矿床中的热液黄铁矿成分相似，可能为同沉积作用。第二阶段形成的黄铁矿 Tl 亏损，Co 和 Ni 富集，可能由最初的黄铁矿经过交代作用和再结晶形成。第三阶段黄铁矿(Py-3)形成于单独的热液事件，微量元素特征以 Co-Ni-Cu 为主。该研究表明，共生约束的黄铁矿微量元素数据是理解复杂、多阶段块状硫化物系统形成的重要工具，并可能有助于识别沉积盆地矿物系统周围的热液异常。

(Front. Earth Sci., 2023.2.27)

6. 美国阿拉斯加州 Graphite Creek 石墨矿床鳞片石墨矿化的变质历史与成因研究新进展

美国地质调查局 George N. D. Case 团队对位于美国阿拉斯加州 Seward Peninsula 的 Graphite Creek 石墨矿床进行了研究,提出了高变质环境下鳞片石墨矿成因的新模式。该研究对 Graphite Creek 石墨矿床进行了野外调查、独居石和钛矿 U-Pb 测年、C-S 稳定同位素地球化学及石墨拉曼光谱研究。结果表明,鳞片石墨以半块状到块状石墨透镜体的形式散布在硅线石-片麻岩和石英-黑云母副片麻岩中,含量高达 50%,其中残余石榴石、硅线石、石墨和黑云母的堆积表明了高度的深熔和熔融损失。独居石中具有强烈 Y 亏损,高 Eu/Eu* 比值, Sr 和 Th 正漂,与黑云母脱水熔融相一致。独居石和钛矿 U-Pb 年龄记录了约 97~92 Ma 的变质高峰和约 85 Ma 的逆向事件。拉曼光谱证实了碳质材料和高度有序的晶体石墨的存在。石墨 $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ 值为 $-30\sim-12\%$, 磁黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$ 值为 $-14\sim10\%$, 与沉积岩中有机碳和硫的来源一致。结果表明,块状石墨透镜体的形成与高碳质泥质原岩的高温变质作用和深埋作用几乎同步发生。熔液的萃取和流体的释放可能是浓缩石墨的关键。高温、高应变剪切带内的石墨混合岩层序可能有利于高鳞片石墨矿床的形成。

(Mineralium Deposita, 2023.2.27)

7. Fervo Energy 将开发综合地热和碳捕获设施

地热能源开发商 Fervo Energy 宣布计划设计和建造一个完全集成的地热和直接空气捕获(DAC)设施。该项目将在 Chan Zuckerberg Initiative(CZI)的支持下完成。在 DAC 设施中,大型风扇将空气移动到捕获二氧化碳的材料上。捕获的二氧化碳被加热、浓缩,在许多情况下再被泵送到地下。为了经济和可持续地运营, DAC 需要可靠的无碳电力和热源。Fervo 的地热

和直接空气收集设施的组合设计，可以为这些降低碳去除成本的挑战提供创新的解决方案。在开创下一代地热技术方面，Fervo 采用了现有的创新，如水平钻井和分布式光纤传感，通过将地表下的热岩储层转化为经济上可行的清洁能源来应对气候变化。新的资金帮助 Fervo 利用地热资源为 DAC 系统提供全天候的无碳电力和热源，并探索地热储层在当地地下碳封存方面的潜力。这笔资金建立在 CZI 对那些正在推进有前途的气候变化解决方案（包括二氧化碳清除）的组织的支持之上。

(ThinkGeoenergy, 2023.2.24)

8. Geothermie Nederland 发布 2022 年地热数据

近日，荷兰地热组织 Geothermie Nederland 发布了荷兰 2022 年地热数据，总结了荷兰 2022 年的地热产量。根据 Geothermie Nederland 的数据，荷兰 26 个地点的 36 个地热对井共产生了 6.8 PJ 的地热能。这相当于全年节省超过 1.93 亿立方米的天然气，减少 365,000 吨二氧化碳排放量。地热能的总输出量大致相当于乌得勒支大小的城市家庭消耗的天然气。与 2021 年相比，2022 年荷兰的地热能产量增长了 6%。尽管每年都会增加更多的地点和地热双井，但用于许可、钻探、测试和热网建设的时间延迟了地热能的实际生产。荷兰地热的增长仍然远远落后于潜力。在未来，地热能将可持续地满足荷兰全部热能需求的 25%，然而，要让 100 多个正在筹备中的项目落地，需要采用综合协调的方法。2022 年末，Geothermie Nederland 加入了一个公司和行业协会联盟，呼吁缩短荷兰大型可持续发展项目的审批时间。该联合备忘录包括对地热实现这一目标的建议，目前一个地热项目的全面开发平均需要 3.5 至 9.5 年的时间。

(Geothermie Nederland, 2023.2.23)

9. 埃及 Abu Ghalaga 铁-钛铁矿成因研究新进展

埃及爱资哈尔大学 Hatem M. El-Desoky 团队对埃及东南沙漠的 Abu Ghalaga 铁-钛铁矿进行了岩石学和矿物学研究，探讨了矿床成因。研究区受 Nugrus 剪切带影响，代表 Hafafit 剪切带的南延。研究指出，岩石学上，辉长岩和钛铁矿的结晶顺序为斜长石-含钛辉石-钛铁矿，伴生矿物包括石英、透闪石、坦桑石和不透明矿物，揭示了该钛铁矿为长石、辉石结晶后钛铁矿液体重力浓缩形成的岩浆矿床。XRD 分析表明，样品主要存在钛铁矿、赤铁矿和黄铁矿。其中钛铁矿包裹着赤铁矿薄层的出溶体，赤铁矿微粒在钛铁矿颗粒的边界析出并分离，黄铁矿则独立分布。其中黄铁矿取代了部分钛铁矿或赤铁矿，指示了成矿的氧化条件。样品中同样观察到 Ba 以重晶石的形式赋存，同样指示了硫酸盐稳定的氧化环境。研究表明，该矿床的成矿机制主要包括富铁-钛不混溶岩浆的分离、氧化物沉降的分馏结晶、岩浆混合和固态结晶。在侵入体冷却过程中的氧化条件下，磁铁矿从钛磁铁矿中出溶，形成了钛磁铁矿中的片状磁铁矿，或是磁铁矿颗粒周围的钛铁矿出溶体微粒。研究结果表明，钛铁矿位于连续固溶体在 800°C 以上的环境下形成的铁-钛铁矿带；磁铁矿和钛磁铁矿位于连续固溶体在 600°C 以上的环境下形成的磁铁矿带附近。

(Minerals, 2023.2.22)

10. 我国科学家提出判别铅锌矿床类型的机器学习新算法

中国地质大学（武汉）李占轲副教授及其研究团队利用机器学习算法从闪锌矿微量元素中提取判别铅锌矿床类型的关键因素，证明闪锌矿微量元素可用于铅锌矿床类型的分类。研究采用 LA-ICP-MS 技术对全球 95 个铅锌矿床进行了近 3600 个闪锌矿点分析，包含 5 种矿床类型（喷流—沉积矿床（SEDEX）、密西西比河谷型（MVT）、火山块状硫化物型（VMS）、

矽卡岩型和浅成热液型矿床)的 12 种元素 (Mn、Fe、Co、Cu、Ga、Ge、Ag、Cd、In、Sn、Sb 和 Pb)。应用随机森林 (RF) 方法建立了一套判别 5 种原生铅锌矿床类型的模型。数据处理结果表明, 闪锌矿微量元素可以成功区分不同类型的铅锌矿床, 但 VMS 矿床常常被错误的区分为矽卡岩型和浅层热液型矿床。为了进一步判别 VMS 矿床, 未来的研究可重点扩大 VMS 矿床数据集的容量, 并在构建分类模型时结合闪锌矿微量元素等地质因素。采用 RF 进行特征重要性排序来评价元素对矿床分类的重要度。此外, 采用可视化工具 t 分布随机邻域嵌入 (t-SNE) 对分类和评价结果进行验证。结果表明: Mn、Co 和 Ge 对铅锌矿床分类具有显著影响, In、Ga、Sn、Cd 和 Fe 元素对铅锌矿床分类的影响也相对较大, 说明铅锌矿床的分异主要受闪锌矿中多元素的控制。研究表明, 机器学习算法可以为传统的地球化学分析提供新的见解, 对未来利用矿物地球化学数据构建矿床分类模型的研究具有启发意义。

(Geoscience Frontiers, 2023.2.27)

11. 西藏驱龙斑岩型铜钼矿床原生晕地球化学研究新进展

中国地质大学 (武汉) 郑有业团队对西藏驱龙斑岩型铜钼矿床的原生晕地球化学特征进行了研究, 指出该矿床深部可能存在隐伏矿体。研究使用手持式光谱分析仪对 Qulong 斑岩型铜钼矿床的 Cu、Mo、Pb、Zn 等 31 个元素进行了研究, 结果表明这些元素的整体相关性很好。对 16 号勘探线的原生晕地球化学特征研究表明, 主要成矿元素为 Cu 和 Mo, 矿近晕元素为 Co、Au、Ag、W, 矿上晕元素为 Pb、Zn、Mn、As, 矿下晕元素为 Sn 和 Bi。该勘探线由浅至深的主晕分带为 Mn-P-Pb-Ni-Zn-V-As-Hg-Co-Au-Cu-W-Ag-Mo-Sb-Sr-Cd-Sn-Ti-Bi, 具有明显的“反向”分带特征, 表明矿区深部可能存在隐伏矿体。水平方向的 P 序列

值呈现由南向北递减的趋势,表明该剖面的相对热液中心位于深部北部的 ZK1601-1 中段。剥蚀参数模型表明,16 号勘探线处的矿体在深部有一定延伸,结合原生晕的理想叠加模型,认为矿体整体向北倾斜,矿液由北部深部流向南部浅部,北部深部有下降趋势,可作为深部铜找矿区。

(Minerals, 2023.2.27)

12. 黔中石炭系喀斯特铝土矿稀土成矿形态研究新进展

贵州大学杨瑞东团队对黔中林歹铝土矿进行了矿物学和地球化学研究,对其中稀土元素的制约因素进行了讨论。矿物学研究表明,该矿床中的稀土元素主要赋存在独居石、磷钇矿、赤铁矿和锐钛矿中,其中自生独居石主要形成于碱性和还原条件,自生磷钇矿主要形成于酸性和还原条件。地球化学研究表明,赤铁矿和锐钛矿清除了部分稀土元素,但锐钛矿还控制着 La、Ce、Pr 等轻稀土元素,赤铁矿还控制着 Sm、Eu 和部分重稀土元素。从含稀土矿物相的百分比组成来看,赤铁矿清除了 93.28%的稀土元素,锐钛矿清除了 5.88%的稀土元素,独居石清除了 0.67%的稀土元素,磷钇矿清除了 0.17%的稀土元素。

(Minerals, 2023.2.24)

13. 华北克拉通北部超大型岩溶铝土矿的成因机制研究新进展

中国地质大学(北京)刘学飞团队对华北克拉通晚石炭世铝土矿中一水硬铝石的成因进行了研究,对华北克拉通北部宝德-兴县大型铝土矿进行了地质、矿物学、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{pyrite}}$ 和原位一水铝石微量元素分析。结果表明,华北克拉通北部铝土矿一般由下至上分为含铁粘土岩、铝土矿、粘土岩三层。铝土矿矿石主要为一水硬铝石、高岭石和伊利石;含铁粘土岩为伊利石和磁绿泥石;粘土岩主要是高岭石。广泛分布的较高的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{pyrite}}$ 值(10‰~40‰)

表明铝土矿形成于浅水环境。一水硬铝石微量元素组成相似, Cr、V、Re、U 富集明显, Mo 富集不明显, 表明一水硬铝石形成于亚还原相。当 Fe/Al 比例为 4 mol% 时, 一水硬铝石的胞型略大, 表明小尺寸中较大的铁离子进入一水硬铝石晶格形成一水硬铝石铁。一水硬铝石铁沉淀的温度和水活度与铝-赤铁矿-一水软铝石相似。因此, 研究团队提出了一种可能的一水硬铝石形成机制: 在一水硬铝石晶格中, 小尺度的铁取代铝, 并使其稳定, 从而诱导一水硬铝石形成铁。一水硬铝石铁相对于一水硬铝石具有亚稳性, 在成岩作用过程中易向一水硬铝石转变。

(Chemical Geology, 2023.2.21)

14. 金山店铁砂卡岩矿床岩浆-热液过程研究新进展

中国地质大学(北京)谢桂青团队对中国东部鄂东地区金山店矿床岩浆热液与含蒸发岩围岩相互作用形成的铁砂卡岩进行了研究, 揭示了金山店矿床形成过程中岩浆和热液流体过程的演化和顺序。研究对侵入期、早期变质和晚期逆向砂卡岩中的磷灰石进行了岩相、地球化学和原位 Sr-Nd 同位素分析。岩相学研究表明, 磷灰石分为火成岩型、原生热液型和次生热液型 3 个亚类型。挥发性成分(F、Cl、SO₃)表明, 石英二长岩中的火成岩磷灰石形成于蒸汽饱和之前, 石英闪长岩中的火成岩磷灰石形成于蒸汽饱和和期间。火成岩磷灰石中微量元素相关性表明, 磷灰石中微量元素分布主要受分馏结晶作用控制。磷灰石中稀土元素特征表明, 热液磷灰石中保留了岩浆历史的特征。Sr 含量、Nd 同位素及放射性 Sr 同位素特征表明, 岩浆期同化了有限的蒸发岩成分。原生热液磷灰石的 Sr 同位素特征与来自围岩的沉积硫酸盐(石膏和硬石膏)相一致, 表明热液阶段有蒸发岩组分的持续输入。蒸发岩组分同化到岩浆中, 促进了 Cl 和 Fe²⁺在溶出流体中的分配, 热液阶段蒸发岩的持续参与使热液在系统演化过程中向氧化状态发展, 为

磁铁矿沉淀创造了有利的环境。以上结论突出了蒸发岩在促进岩浆热液铁矿形成中的关键作用，以及磷灰石对同化、分馏结晶、流体出溶和交代作用等复杂岩石学和成矿过程的指示作用。

(Lithos, 2023.2.22)

海洋地质

15. 美国地质调查局推出用于深海研究的新设备

美国地质调查局 (USGS) 太平洋海岸和海洋科学中心设计开发出新型自由升降三脚架 (FAT)，用于卡斯卡迪亚俯冲带沿线的深海环境研究。该设备将为科学家提供长期、近距离的海床观测，测量地表下数千英尺的沉积物输送过程。三脚架配备了测量深海洋流、浊度、盐度等参数的仪器。这些数据将用于更好地表征浊流形成的原因，即快速、挟沙洋流向下移动，将沉积物从大陆架带到深海。地震是俯冲带沿线浊流的已知触发因素，但其他原因，如高能风暴，也可能将大量沉积物从陆地带到深海。FAT 的独特之处在于，它将部署到比大多数其他海洋三脚架更深的水域。FAT 可安装在海床上方约一米处，以专门观测海底情况，例如移动沉积物的底部水流。USGS 和华盛顿大学的科学家们正在共同研究地震触发和海洋触发的浊流之间的差异，这使他们能够更好地解释过去事件的地质记录，并提高未来灾害预测的可能性。USGS 在圣克鲁斯码头附近对 FAT 进行了测试扩建和部署。实际工作将于 2023 年 3 月在阿斯托里峡谷的近海进行。FAT 将从研究船下降到 1,500 米 (4,921 英尺) 的深度，在阿斯托里亚峡谷底部安置并连续收集数据 12 个月。当研究船明年春天返回时，三脚架的浮力系统将被激活，并通过信标向研究船传递其位置，以便取回三脚架。

(美国地质调查局, 2023.2.24)

16. 阿根廷矿业地质局即将开展新一年的南极科学考察

阿根廷矿业地质局（SEGEMAR）2022-2023 年南极夏季科学考察优先开展三个项目，包括在阿根廷南极领土主张区域系统开展 1:1,000,000 地质填图，在奥尔卡达斯（Orcadas）考察站周边开展地质灾害评估，以及在失望岛（Isla Decepción）安装火山活动监测仪器。此外，SEGEMAR 还将与阿根廷南极研究所（IAA）在合作协议框架内共同开展项目。①2023 年地质填图项目预计将对延伸 4~5 公里的断层进行地质调查，将其与具有新构造特征的断层区分开来，并对南极半岛最北部地区和邻近海域的地震活动进行观测和分析。该项目还计划采集岩石样本用于确定辐射年龄和岩相学研究，并采集古生物化石。此外，该项目还将通过分析 Landsat-8 和 ASTER 卫星图像对该区进行地质解译与实地监测，并确定岩性和热液蚀变的光谱指数；②Orcadas 考察站地质灾害项目的主要目标是开展地质灾害填图，以改善对物理环境的了解以及潜在威胁的定义和分区，详细了解考察站周边环境现状，以指导政府机构制定防灾减灾计划。该项目将为夏季发生海啸时紧急避难所位置的设置提供建议，并评估考察站水源地——前冰川泻湖中的水文状况，以防海水侵入影响。此外，这些研究将为阿根廷共和国的国家地质危险和风险清单收集资料；③失望岛火山活动监测仪器安装项目将争取扩大阿根廷火山监测站（OAVV）的实时监测网络，提高阿根廷共和国在监测、管理和预防火山风险方面的能力。

（阿根廷矿业地质局，2023.2.21）

水工环地质

17. 韩国科学家提出可提高水文性质评价效率的替代模型

为提高基于地下水位波动（GLF）模式的过程模型的估算效率，韩国庆

北大学的研究人员提出了一种融合深度学习方法的含水层水文特性估算方法。该研究参考对比了 Jeong et al. (2020) 提出的数据驱动方法, 采用新提出的条件变分自动编码器 (CVAE) 方法有效地排除了以往研究中由于不同年份降水模式而产生的 GLF 模式的不确定性。利用 CVAE 获取各监测站在一定降水模式下的特定 GLF 模式。该研究建立了数据驱动的水文特性估计模型, 用于预测两个水文参数 (ρ 和 k), 利用 CVAE 网络生成的 GLF 模式作为输入变量, 并将从韩国全国地下水监测站获得的实际 GLF 和降水数据用于验证。结果表明, 估算值和目标水文特性高度相关 (ρ 和 k 相关系数 CC 分别为 0.9833 和 0.9589), 与之前的研究相比, 显著改善了结果 (α/n 和 k 相关系数 CC 分别为 0.7207 和 0.8663)。因此, 所建立的模型有助于更准确地估计含水层的水文性质。该研究提出的方法流程可用于开发估算任何类型水文特性的替代模型, 其结果将有助于为 GL 建模中的水文特性估算提供初步信息。此外, 该研究成果无需专家手动拟合基于过程的模型, 可以促进高效的地下水开发规划。

(Journal of Hydrology, 2023.2.27)

18. 最新研究认为深度超过 500 米的地下水对全球河流流量的贡献不到 0.1%

加拿大萨斯喀彻温大学的 Grant Ferguson 研究团队使用氯质量平衡方法来量化深层地下水对全球河流流量的贡献。深层地下水可能对全球河流流量的贡献不到 0.1%, 在地质时间尺度上与水循环的其他部分只有微弱和零星的联系。尽管与河流流量的连接较弱, 但研究发现深层地下水对全球氯循环至关重要, 为氯向海洋的通量提供了约 7% 的贡献。这个深层水库的循环速度很慢, 其平均寿命估计约为 20 万年。除非受到地质事件的影响, 否则一些地下水可能永远不会循环。稳定的 H 和 O 同位素的普遍存在证实

了这种缺乏循环的情况，这些同位素在深层地下水中不在全球降水线上，表明至少有些水源不是由雨水或融雪渗入引起的。这种深层地下水的早期侵位以及随后在地质时间尺度上的有效停滞和断流，需要重新概念化地表水循环。深层地下水的新计算表明，大多数低于 500 米的地下水不在水循环的传统范畴之内。

(Nature, 2023.2.23)

地质灾害

19. 美国科学家提出降雨驱动的缓慢移动山体滑坡的粘塑性模型

美国西北大学的研究人员提出了一个基于物理的模型框架，该模型将滑坡体中的孔隙水压力变化与新的粘塑性本构定律联系起来，模拟由降水驱动的地下孔隙水压力的变化和缓慢移动的滑坡动力学，旨在捕捉缓慢移动滑坡的不同时间趋势。该模型通过太沙基有效应力原理解释了降雨入渗引起的滑坡速度变化，从而直接解决了活动剪切带的变形问题。计算的校准和验证得益于美国加州海岸山脉三次滑坡事件的地面和遥感数据。尽管受粘塑性框架所限无法描述灾难性滑坡加速度，但该模型提供了多种工具，可用于分析和描述不同类型的缓慢移动滑坡动力学。

(Landslides, 2023.2.27)

20. 喀喇昆仑公路沿线滑坡敏感性填图新进展

中国地质大学（武汉）花卫华副教授带领的研究团队通过机器学习模型和滑坡清单来评估滑坡事件与其成因因素之间的关系，生成了巴基斯坦吉尔吉特-巴尔蒂斯坦崎岖山区 332 公里的喀喇昆仑公路上的滑坡灾害的地图。该研究使用了极端梯度提升（XGBoost）、随机森林（RF）、人工神经网络（ANN）、朴素贝叶斯（NB）和 K 近邻（KNN）模型等机器学习

模型，以及 303 个滑坡点创建了滑坡清单，其中 70%用于训练，30%用于测试。滑坡敏感性填图使用了 14 个滑坡诱发因素（包括坡度、地质、降水、地形湿度指数、接近道路、土地覆盖、接近断层、接近河流、粗糙度、坡向、剖面曲率、曲率、平面曲率和高程）。采用受试者工作特征（ROC）的曲线下面积（AUC）来比较模型的准确性。利用小基线子集干涉合成孔径雷达（SBAS-InSAR）技术评估了敏感区域生成模型的变形情况。模型的敏感区域表现出较高的视线（LOS）变形速度。XGBoost 技术结合 SBAS-InSAR 调查结果为该地区生成了出色的滑坡敏感性地图（LSM）。结果表明：邻近道路、坡度、地形湿度指数和粗糙度是该地区滑坡的主要来源。机器学习算法和 SBAS-InSAR 方法均取得了良好的预测效果。改进后的最终敏感性地图显示，10.67%的研究区域极度易发生滑坡。改进后的 LSM 模型为 KKH 的防灾减灾提供了预测模型，并为公路日常管理提供了理论指导。

(Scientific Reports, 2023.2.27)

碳达峰碳中和

21. 中科院生态中心大数据分析量化中国生态恢复固碳效应新进展

中国科学院生态环境研究中心傅伯杰院士团队联合北京师范大学、瑞士苏黎世联邦理工大学、法国巴黎-萨克雷大学、澳大利亚联邦科学与工业研究组织等，通过多源遥感与地面观测数据融合，量化了中国森林地上和地下植被碳储量动态。研究利用 2444 个地面样地实测的森林地上碳储量（AGBC）数据校正由 C、L 波段主动微波（ALOS PALSAR、Envisat ASAR 载荷）反演的森林地上生物量，得到全国森林 AGBC 基准图；基于光学遥感（MODIS）森林和非森林植被覆盖度和地上生物量定量关系开展空间迭代形成 2002-2021 年 AGBC 动态数据，并进一步植被光学厚度（VOD）校

正 AGBC 时间序列。此外，研究通过收集全国 8729 个森林样地的实测数据建立随机森林模型，根据年 AGBC、林分年龄、气候背景等信息计算全国各栅格逐年森林地下植被碳储量 (BGBC)，数据分辨率为 1km。研究发现，2002-2021 年中国森林 AGBC 和 BGBC 分别为 8.6 ± 0.6 和 2.2 ± 0.1 PgC，植被碳储量较高的区域为西南和东北地区。全国森林碳储量以 114.5 ± 16.3 TgC/年的速率显著增加，其中 AGBC 和 BGBC 的增加分别贡献 81.9%和 18.1%。全国 40.3%面积的森林植被碳储量显著增加，其中黄土高原、秦岭、西南喀斯特地区和东南森林地区增加最快；仅 3.3%的森林植被碳储量出现减少，集中在大兴安岭、横断山脉和藏南地区的老龄林。东北针叶林和北方地区的落叶阔叶林具有较高的根冠比，而南方森林的根冠比相对较低。该团队基于生态环境大数据和机器学习，形成了全国尺度陆地生态系统地上、地下植被碳储量和植被固碳速率等方面的高精度动态监测能力，为我国碳中和目标提供了新的数据支撑。

(中科院生态环境研究中心，2023.2.24)

本刊由

“地球科学文献知识服务与决策支撑 (DD20230139)”

项目支持

“自然资源情报跟踪与研究 (DD20221794)”

主 编：张百忍	联 系 人：张百忍
责任编辑：胡欣琪	联系电话：(010) 66554891
审 核：王学评	电子信箱：zbairn@mail.cgs.gov.cn
地 址：北京市海淀区学院路29号	邮 编：100083

送：中国地质调查局领导、局机关各部室、各直属单位