



地学快讯

2023 年第 9 期 (总第 31 期)

中国地质调查局地学文献中心

2023 年 3 月 22 日

目 录

基础地质

1. 科学家发现金星火山喷发的直接证据
2. 基于嫦娥五号样品的月球玄武岩岩浆结构与演化研究新进展
3. 塔里木盆地北部碱性玄武岩-粗面安山岩组合的岩石成因研究新进展
4. 内蒙古中部晚侏罗世 A 型花岗岩的岩石成因及构造意义研究新进展

能源矿产

5. 欧盟发布《关键原材料法》
6. 澳大利亚地球科学局发布最新矿产资源信息产品
7. 美国受控热能资源公司和日本富士电气合作开发地狱厨房地热项目
8. 加拿大麦肯锡三角洲的永久冻土下甲烷水合物地质控制因素新进展
9. 俄罗斯研制出无人驾驶的钾矿开采联合剪切机导航系统
10. 欧盟发布《净零工业法》

- 11.俄罗斯计划在萨哈林州建立石油和天然气研究所
- 12.沙特工业化和能源服务公司和冰岛雷克雅未克地热公司成立合资公司,以开发沙特以及中东和北非地区地热资源
- 13.中科院广州地化所贫锡型多金属矿床中铟的富集机制研究新进展
- 14.中国川滇黔三角区 Zn-Pb(-Ge-Ag)矿床地质和地球化学特征研究新进展
- 15.中国云南白牛厂银多金属矿床的成矿规律研究新进展

水工环地质

- 16.德国发布《国家水资源战略》
- 17.结晶岩地下水移动通道网络模型研究新进展
- 18.我国科学家提出基于时空深度学习和多任务学习的长短期记忆神经网络水文建模新方法

地质灾害

- 19.基于多源遥感的高山上坡势滑坡识别与评价新进展

碳达峰碳中和

- 20.我国海上首口二氧化碳封存回注井开钻

局内硕果

- 21.凯尔盖朗地幔柱演化与冈瓦纳东部破裂研究新进展

基础地质

1. 科学家发现金星火山喷发的直接证据

金星最近火山活动的迹象有所增加，科学家已经发现了火山喷发的直接证据。在地质意义上，金星还“活着”。该发现来自美国宇航局的麦哲伦号金星探测器，该航天器使用雷达技术透过致密的金星大气层对其表面进行了探测。8个月拍摄的图像显示，一个圆形火山口或破火山口在一次突然坍塌时迅速扩大。在地球上，当支撑火山口喷口的岩浆喷发或排空时，就会发生这种坍塌。这一发现使金星成为继地球和木星的卫星木卫一之后，太阳系中已知的第三个有活跃岩浆火山的行星体。这意味着未来的金星探测任务将能够研究金星上“赤裸，巨大的未知岩石”，并从中获得金星的内部样本。从已有数据或未来数据中发现更多火山，也将帮助科学家了解金星内部热量的释放机制和演化过程。

(Science, 2023.3.15)

2. 基于嫦娥五号样品的月球玄武岩岩浆结构与演化研究新进展

中国地质大学汪在聪团队通过对嫦娥五号取得的月球样品研究认为，嫦娥五号任务带回的月球玄武岩样本约形成于20亿年前月球后期缓慢冷却过程中的岩浆活动。源区月幔熔融条件和导致了该次月球火山活动的岩浆在厚岩石圈中的运动过程有待进一步讨论。研究团队基于嫦娥五号月球玄武岩样品的定量纹理分析、扩散计时法、斜辉石地温压参数和结晶模拟，全面认识了新型月球玄武岩的动态岩浆-热演化过程。研究发现，嫦娥五号玄武岩来自含橄榄石的辉岩地幔源（10-13 kbar 或 250 ± 50 km; 1, 350 ± 50°C），与阿波罗12号低钛玄武岩类似。岩浆随涌流上升后主要积聚在岩石圈地幔的顶部（~2-5 kbar 或 40-100km, 1, 150±50°C），在顶部滞留至

少几百天后通过高度的分馏结晶演化。几天内，剩余熔融岩浆迅速喷发至地表。研究团队构建的岩浆-热演化模型表明，地幔源中存在大量的低固相辉石，放射性元素略有增强，或可证实月球火山活动不断减少，一直持续到 20 亿年前左右。

(Nature, 2023.3.20)

3. 塔里木盆地北部碱性玄武岩-粗面安山岩组合的岩石成因研究新进展

塔里木二叠纪大火成岩省 (LIP) 富含玄武岩和硅质火山层序，在过去的几十年中得到了深入研究，但在 LIP 各组成部分的岩石成因、相互关系以及地球动力学形成过程等方面仍然存在争议。中国科学院大学张开均团队对塔里木盆地北部的哈拉哈唐地区玄武岩-粗安岩喷发组合进行了岩相学、地质年代学和地球化学综合研究。结果表明，喷发组合形成于约 290 Ma，大致与二叠纪塔里木 LIP 内岩浆作用的主要事件同步。玄武岩的成分与典型的海洋岛屿玄武岩 (OIBs) 相似，具有碱性、高钛和钠成分，并呈现轻稀土元素 (LREEs) 和大离子亲岩元素 (LILEs) 富集。全岩锶钕同位素略有富集，其中 $\epsilon_{Nd}(t)$ 和 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值分别为 -4.5 ~ -3.4, 0.7065 ~ 0.7086。粗面安山岩呈碱性、金属质和铁质，并呈现 LREE 和 LILE 的高度富集。高 Ga/Al 比和 Zr+Nb+Ce+Y 值抑制了其 A 型花岗岩匹配度和 A1 型特征。 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为 -8.2 ~ -4.5, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值为 0.7083 ~ 0.7189, 高于玄武岩。基于上述结果，研究团队认为火成岩组中的不同成分具有密切的岩石成因关系。碱性玄武岩的成因可能为地幔羽流熔融过程中的陆地地壳同化作用，而粗面安山岩则形成于玄武岩浆的分异分馏过程，在岩浆演化中含有更多的陆地地壳成分。结合塔里木现有分析结果，研究进一步提出碱性玄武岩和粗面安山岩组合的成因可能为与二叠纪地幔羽流活动相关的地壳-地幔相互作用。

用过程。

(Gondwana Research, 2023.3.20)

4. 内蒙古中部晚侏罗世 A 型花岗岩的岩石成因及构造意义研究新进展

楚胡尔图 A 型花岗岩位于内蒙古科尔沁右中旗蒙古-鄂霍次克缝合带 (MOSB) 以南, 呈都尔基构造混杂堆积。河北地质大学李英杰团队基于野外地质特征、岩石学、地球化学、锆石 U-Pb 年代学, 确定钶的成因类型和构造环境, 为蒙古-鄂霍次克洋 (MOO) 研究区海洋盆地闭合时间及其对我国东北地区南部影响程度提供依据。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代测定表明, 花岗岩的年龄为 $156.0 \pm 2.2 \text{Ma}$, 形成年龄为晚侏罗世。花岗岩的地球化学特征为: 高 SiO_2 (73.04-76.01 wt.%), 高碱性 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.81-9.50 \text{ wt.}\%$)、低 CaO (0.20-0.98 wt.%)、低 MgO (0.10-0.22 wt.%)。花岗岩具有明显的负 Eu 异常 ($\text{Eu} = 0.30-0.75$)、Rb、Th、U、K、Ga 相对富集、Ba、Sr、P 和 Ti 亏损、高 $10000\text{Ga}/\text{Al}$ (2.52-2.90)、 TFeO/MgO (5.76-14.90)、 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ (7.97-43.45)。岩石学、矿物学和地球化学特征呈现 A 型花岗岩特征。区域、中生代 A 型花岗岩 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值呈正相关, Nd 模式年龄晚, 据此推测花岗岩可能是由低压高温条件下近地堆积的基壳部分熔融所致。因此, 中国蒙古-鄂霍次克构造体系的影响范围至少向东南延伸至内蒙古-冀北东南部。新形成的楚胡尔图 A 型花岗岩的锆石 U-Pb 年龄限制了研究区 MOO 的闭合时间, 应为晚侏罗世。

(Front. Earth Sci., 2023.3.20)

能源矿产

5. 欧盟发布《关键原材料法》

3月16日，欧盟发布《关键原材料法》，以确保欧盟获得安全、多样化、负担得起和可持续的关键原材料供应。法案制定了明确的行动优先事项包括更新关键原材料清单、确定战略原材料清单，并设定了明确的目标，在2030年前实现欧盟供应的多样化，即到2030年至少开采消费量的10%，至少加工消费量的40%，至少回收消费量的15%，在所有的加工阶段，来自单一第三国的每种战略原材料的年消费量不超过欧盟年度消费的65%。法案将创建安全且有弹性的欧盟关键原材料供应链，减轻关键原材料项目的行政负担并简化许可程序，确保项目迅速获得许可并拥有充足的资金，对关键原材料供应链进行监测，协调成员国之间的战略原材料库存，确保欧盟能够降低供应风险，在研究、创新和技能方面进行投资，加强关键原材料突破性技术的采用和部署，通过提高关键原材料的循环性和可持续性来保护环境，另外还将使欧盟关键原材料的进口多样化，加强贸易行动，进一步发展战略伙伴关系。

(欧盟, 2023.3.16)

6. 澳大利亚地球科学局发布最新矿产资源信息产品

近日，澳大利亚地球科学局发布了四张新的矿产潜力图件及相关数据。上述矿产信息在西澳大利亚地质调查局的协助下完成，这些信息是“未来”计划的阶段成果。新发布的系列信息产品涵盖地图、报告和数据等，是澳大利亚地球科学局2016年矿产潜力编图项目的成果。在该项目的支持下，2020年查里斯矿业公司（Chalice Mining）在西澳州的胡里马尔（Julimar）发现了冈尼维尔（Gonneville）矿床，这是20多年来全球最大的硫化镍矿

床，也是澳大利亚历史上最大的铂族元素矿床。矿产潜力编图方法整合了澳大利亚地球科学局数十年的研究基础与海量地球科学数据，将大数据转化为预测能力，提振了澳大利亚的矿床发现前景。接下来，澳大利亚地球科学局将继续进行全国沉积型铜矿潜力评价。

(澳大利亚地球科学局, 2023.3.16)

7. 美国受控热能资源公司和日本富士电气合作开发地狱厨房地热项目

近日，美国受控热能资源公司（CTR）和日本富士电气公司（FEA）签署了一份谅解备忘录，拟开展加利福尼亚州帝国县的地狱厨房地热项目，包括地热发电设施交付的多项设备、采购和施工工程（即 EPC）。EPC 合同总额为 14 亿美元，拟在五年建设计划内完成一个 55MW 的第一阶段电力设施，并交付其他五个 55MW 电力设施或设施配置，总计 330MW。CTR 利用这些设施产生的地热卤水和部分可再生电力，预计每年生产约 150000 吨氢氧化锂，以支持全球对电动汽车和储能系统的需求。CTR 预计将于 2024 年底完成第一阶段地热作业，并开始生产 25000 吨氢氧化锂。根据总产能，CTR 预计每年将提供 1100MW 的清洁可再生能源和超过 300000 吨的锂产品。CTR 此前宣布已实现从 Salton Sea 地热卤水资源中高效实时回收锂，对项目具有里程碑意义。

(Thinkgeoenergy, 2023.3.15)

8. 加拿大麦肯锡三角洲的永久冻土下甲烷水合物地质控制因素新进展

加拿大麦肯锡三角洲的永久冻土下拥有大量已探明的天然气水合物（GH）。德国地球科学研究中心 Thomas Kempka 团队最新研究旨在验证所提出的北极永久冻土之下天然气水合物形成机制，认为自晚更新世以来，富 CH₄ 流体从深层超压地质断层系统垂直运移，形成了今天所观察到的 GH

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。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 Mallik 站点第一个野外尺度静态三维地质模型，全面研究了永久冻土及其相关 GH 系统的成因。构建的三维模型考虑了 Mallik 站点各个岩性在空间上非均匀分布的水力特性。利用已证实的热-水化学数值框架进行模拟以深入了解区域断层系统在富含 CH₄ 的流体迁移中的水文地质作用，以及过去 1Ma 期间对永久冻土下 GH 矿床空间范围的地质控制。对于 Mallik 87%以上的井段，预测的永久冻土厚度与观测值的偏差小于 0.8%，这验证了一般模型的适用性。模拟的含冰多年冻土和 GH 层厚度以及多年冻土下的温度分布与各自的实地观测结果一致，证实了研究团队的假设。GH 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。模拟和观测之间的一致性表明，该研究对驱动复杂的永久冻土-GH 系统的地质控制提供了一个有效的表述。该模型适用于预测永久冻土环境中 GH 矿床的厚度和饱和度，可以为未来的 GH 勘探和开发提供一定的贡献。

(Front. Earth Sci, 2023.3.20)

9. 俄罗斯研制出无人驾驶的钾矿开采联合剪切机导航系统

俄罗斯科学院佩尔姆联邦研究中心(PFIC)乌拉尔分部矿业研究所(GI)的专家们提出了一种使用配备惯性导航系统的无人驾驶剪切机开采钾盐矿石的方法，使机器可以在不受工程师控制的情况下进行采矿作业。科学家开发的惯性导航系统不需要外部地标或外部信号。该导航系统是一组传感器。加速计和陀螺仪在三个平面上垂直排列。加速计测量加速度，陀螺仪测量空间的位置，这意味着所有平面的所有角度都被测量。加速度可以用来计算行驶的距离。通过这种方式，它从第一个设定点开始导航并确定下

一个设定点的坐标。这类系统在 GPS 不足的地方作为辅助导航。研究人员还在联合剪切机上安装了监控器、导航和计算单元以及测量系统，这是一种测定交通速度和精确定位的装置。矿井的调度员通过无线电联系。在钾盐矿进行的第一次测试表明，剪切机可以在没有采矿工程师的额外控制下沿着矿面的直线部分行进 300 米，与设计轴线的偏差不超过 20 厘米。研究人员还成功地开发了一个基于放射性钾辐射的岩石稳固监测概念。今年，联合剪切机将加装一个探测器系统，以测量岩层中的伽马射线。这种储层监测将使联合剪切机在开采矿物时有可能转为自主或至少是远程控制。乌拉尔分院矿业研究所科学家们现在正准备测试该系统，以确定行走距离的准确性，并尝试用它穿过复杂的弯曲区域。他们还开发软件，使工作人员实现远程操控。科学家们计划在 2023 年 12 月完成工业试验，2024 年将再生产 5 个导航系统样品并调试批量生产。加拿大、瑞典和澳大利亚的专家正在开发类似的采矿技术系统，但同样精度下，俄罗斯的导航系统使用更少的辅助系统，更容易维护，实施成本更低。

(俄罗斯科学院, 2023.3.17)

10. 欧盟发布《净零工业法》

3 月 16 日，欧盟发布《净零工业法》，以扩大欧盟清洁技术的制造规模，并确保欧盟为清洁能源转型做好准备。该法案为绿色协议工业计划的一部分。其目标是到 2030 年欧盟整体战略净零技术制造能力接近或达到欧盟部署需求的至少 40%。这将加速欧盟 2030 年气候和能源目标的进展以及向气候中和的过渡，同时提高欧盟工业的竞争力，创造高质量的就业机会，并支持欧盟实现能源独立的努力。拟议的立法涉及将对脱碳做出重大贡献的技术。其中包括：太阳能光伏和太阳能热能、陆上风能和海上可再生能源、电池和存储、热泵和地热能、电解槽和燃料电池、沼气/生物甲烷、碳

捕获、利用和存储以及电网技术、可持续替代燃料技术、从核过程中产生能量且燃料循环产生废物最少的先进技术、小型模块化反应堆、以及相关的一流燃料。推动净零技术制造投资的关键行动：①设定有利条件。该法案将通过加强信息、减轻设立项目的行政负担和简化许可发放流程来改善净零技术投资的条件。此外，该法案建议优先考虑净零战略项目。②加速二氧化碳捕获。该法案设定了一个欧盟目标，即到 2030 年在欧盟战略性 CO₂ 封存地点达到每年 50 吨的注入能力。③促进市场准入：为了促进净零技术供应的多样化，该法案要求公共当局在公共采购或拍卖中考虑净零技术的可持续性和弹性标准。④提高技能：该法案引入了新措施，以确保有熟练的劳动力支持欧盟净零技术的生产，包括在净零欧洲平台的支持和监督下建立净零工业学院。⑤促进创新：该法案使成员国有可能在灵活的监管条件下建立监管沙箱，以测试创新的净零排放技术并刺激创新。⑥净零欧洲平台将协助委员会和成员国协调行动和交换信息，包括围绕净零工业伙伴关系开展工作。委员会和成员国还将共同努力，确保数据的可用性，以监测实现《净零工业法》目标的进展情况。为了进一步支持欧盟内部对可再生氢的利用以及从国际合作伙伴的进口，委员会还提出了其关于欧洲氢银行的设计和功能的想法。正如绿色协议工业计划所宣布的那样，将于 2023 年秋季在创新基金下启动首批可再生氢生产试点拍卖。选定的项目将以每公斤制氢固定溢价的形式获得补贴，最长可运营 10 年。这将提高项目的可融资性并降低总体资本成本。

(欧盟, 2023.3.16)

11. 俄罗斯计划在萨哈林州建立石油和天然气研究所

俄罗斯科学院远东分院主席尤里·库尔钦院士表示，萨哈林地区当局已经确认在该地区建立石油和天然气研究所的计划。据该院士介绍，第一

步将由俄罗斯科学院化学研究所和萨哈林州立大学建立联合实验室。联合实验室现在将开始进行人员配置，将开设一个专门的研究生院，为该行业进行人员培训。在2021年东方经济论坛的间隙，俄罗斯科学院院士瓦连京-谢尔盖恩科也曾表示有必要在远东建立一个石油和天然气研究所，当时是由他担任俄罗斯科学院远东分院的主席。据瓦连京-谢尔盖恩科介绍，这样的研究所不仅要进行油气领域的研究，还要制造氢能源，开发油气项目。

(俄罗斯科学院, 2023.3.16)

12. 沙特工业化和能源服务公司和冰岛雷克雅未克地热公司成立合资公司，以开发沙特以及中东和北非地区地热资源

近日，沙特工业化和能源服务公司(TAQA)和雷克雅未克地热公司(RG)签署了一份合资协议，成立总部位于沙特阿拉伯利雅得的TAQA地热能源有限责任公司。TAQA地热公司将在沙特阿拉伯以及中东和北非(MENA)地区勘探和开发地热资源，为沙特和中东绿色倡议的脱碳目标做出贡献。这家新合资企业完全符合沙特根据《2030年愿景》减少碳排放以实现净零排放，同时达成沙特能源组合多样化的努力。沙特阿拉伯授权该公司勘探并开发沙特的地热资源，预计1GW的电力潜力。今年早些时候，沙特阿拉伯能源部和沙特地质调查局(SGS)签署了一份谅解备忘录，开始在该国进行地热勘探。随着TAQA地热公司的成立，有巨大的机会实现沙特阿拉伯开发地热项目的目标。

(TAQA, 2023.3.15)

13. 中科院广州地化所贫锡型多金属矿床中钨的富集机制研究新进展

针对“贫锡矿床中钨的富集机制”这一科学问题，中国科学院广州地球化学研究所赵太平团队以华北克拉通南缘、与晚中生代花岗岩有关的赤

土店铅锌银矿为研究对象，利用微区分析技术对赤土店矿床中铟的主要载体闪锌矿开展研究，并取得了重要进展。研究显示，赤土店矿区的闪锌矿富集 Fe、Mn、In，贫 Ge、Ga，平均 Zn/Cd 为 219.5，指示这些闪锌矿形成于与岩浆热液有关的中高温环境。其中，In 在赤土店矿床中主要以微量元素的形式赋存于闪锌矿中，在闪锌矿中的替代机制为 $\text{In}^{3+} + \text{Cu}^+ \leftrightarrow 2\text{Zn}^{2+}$ 。传统观点认为，温度是控制铟在矿床中发生富集的重要因素，通常高温矿体相对富铟，低温矿体相对贫铟。而在赤土店矿床中，远离成矿岩体的低温矿体在变形部位也具有高的铟含量，暗示铟的富集还受控于其他因素。研究对这类变形矿体中的硫化物开展的显微观察表明，产自矿体变形部位的硫化物多发生碎裂，暗示这些矿物遭受了应力破坏。其中，矿体变形部位的闪锌矿明显分为两期，早期有环带结构的闪锌矿在被构造-流体改造后，又被晚期的闪锌矿胶结。元素面扫描分析显示，赋存在早期闪锌矿中的铟（及其他微量元素）发生活化、迁移，并向晚期的闪锌矿中再次富集，导致矿脉变形部位的铟含量显著提高。因此，对于贫锡的赤土店矿床，后期构造-流体对原生硫化物矿体的改造是导致铟在该矿床中富集的重要因素之一。

（中国科学院广州地球化学研究所，2023.3.20）

14. 中国川滇黔三角区 Zn-Pb(-Ge-Ag)矿床地质和地球化学特征研究新进展

密西西比河谷型 (MVT) 矿床代表了全球大多数碳酸盐型 Zn-Pb 矿床。它们通常形成于被动边缘的伸展构造环境中。然而，对川滇黔三角地区 (SYGT) 碳酸盐型锌铅矿床的研究表明典型 MVT 矿床的本质特征存在差异。昆明理工大学张艳团队讨论了这些矿床的主要特征：受褶皱和断层的控制，高品位锌铅矿石和具有重要经济价值的共生或伴生元素（丰富的 Ag

和分散的 Ge、Ga 和 Cd)。通过与伸展构造背景下形成的经典 MVT 矿床的铅锌矿床对比,并对矿床类型进行了探讨,认为 SYGT 内的会泽式铅锌矿床是一种新的矿床类型,其基本特征可指导今后的找矿工作。研究团队根据以下四个因素来定义会泽式矿床:①走滑断裂褶皱构造的分层控矿系统;②与典型蚀变和成矿作用相关的岩相;③由典型矿物组合、矿化蚀变带、流体包裹体、同位素地球化学和成矿酸碱地球化学屏障揭示的成矿地球化学特征;④与典型 MVT 矿床不同的找矿方法。会泽式矿床和典型的 MVT 矿床构成了碳酸盐型非岩浆表生热液型(CNHT)锌铅矿床。

(Front. Earth Sci, 2023.3.16)

15. 中国云南白牛厂银多金属矿床的成矿规律研究新进展

昆明理工大学刘学龙团队在探矿数据库和矿体模型的基础上,对云南白牛厂银多金属矿床进行了元素相关性分析、聚类分析、因子分析、Zn/Pb 值的半方差图、矿化分布和趋势面分析。结果表明,Ag-Pb-Zn 在中等温度下成矿。Sn 在高温下成矿,Sn 和 Zn/Pb 值有很好的相关性。Zn/Pb 值可用于追踪成矿流体。半方差图显示 Zn/Pb 值具有适度的空间依赖性,在 100° 和 10° 方向具有良好的矿化连续性。元素品位的空间模式与矿化富集相关。趋势面分析表明,矿床南部的 Ag、Pb、Zn 和 Cu 矿化程度较弱,北部较强,Sn 品位和 Zn/Pb 值南部高,北部低。高温 Sn、中温 Cu 和中温 Ag-Pb-Zn 矿化作用呈由南向北的趋势出现。因此,成矿流体的来源在矿区的南部。在成矿流体由南向北迁移的过程中,由于物理化学环境的变化,不同的矿物被析出。矿化的空间模式可以为研究矿床的形成提供依据,并可以指导矿区和其他地区类似矿床的矿石勘探和开采。研究团队用统计学方法分析了白牛厂银多金属矿床中 Ag、Pb、Zn、Sn 和 Cu 的分布。Ag-Pb-Zn 元素代表中温矿化,Sn 代表高温矿化,Cu 是独立矿化。Zn/Pb 值指示成矿作用,

高 Zn/Pb 区是成矿流体的来源。半方差图分析表明, Zn/Pb 值具有适度的空间依赖性, 沿矿体的走向和倾向具有良好的连续性, 变化范围分别为 91.061m 和 50.480m。矿体平面图中的元素分布显示出 Ag-Pb-Zn-FAC1 和 Sn-Zn/Pb-FAC2 矿化的重叠, 具有高度相关性, 表明统计结果的可靠性。根据成矿规律、半方差图分析和成矿趋势分析, 矿区成矿流体的来源在南部。在成矿流体由南向北迁移过程中, 发生了高温 Sn、中温 Cu 和中温 Ag-Pb-Zn 矿化, 形成了元素和矿化富集模式。矿区东南部隐伏花岗岩是否提供成矿流体有待进一步研究。

(Minerals, 2023.3.16)

水工环地质

16. 德国发布《国家水资源战略》

近日, 德国联邦内阁通过了《国家水资源战略》, 希望确保德国的自然水储备, 采取预防措施防止水资源短缺, 防止使用冲突, 改善水体状况和水质。德国国家水战略(NWS)为水资源的可持续利用提供了一个概念框架。它不仅解决了直接的人为用水需求(饮用水、工艺用水、灌溉等), 而且还强调必须在景观中保持长期稳定的水平衡, 或者即使在更干燥的气候条件下也能可持续地实现它。国家水战略的要点是确保居民的饮用水供应, 并为工业提供工艺用水, 使水基础设施适应气候变化, 使水资源管理更具弹性。为此, 必须进行大量投资, 这需要提供合适的金融工具。改善水质和更高质量/完整的水体(生态系统)。还包括克服硝酸盐对地下水的污染。稳定景观水平衡, 改善废水处理和减少水资源压力源。德国水资源管理战略取得的进展是人们已经认识到水/水管理需要适应气候。人类的需要以及陆地和水生环境的要求被纳入并平等地考虑在内。水量和水质同等

重要。该战略同样存在弱点，它“仅”提供了概念框架，但没有具体说明任何具体措施，另一个弱点是针对未来气候的不确定性，没有可靠的预测，这就很难计划，仍然需要大量的知识和研究。

(德国环境、自然保护、核安全和消费者保护部, 2023.3.15)

17. 结晶岩地下水移动通道网络模型研究新进展

瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 Zou Liangchao 团队采用三维离散裂隙网络 (DFN) 建模方法, 研究了单向流动条件下多尺度水力非均质性对裂隙岩块通道化渗流的影响。研究人员将基于 DFN 方法生成的通道网络 (CN) 模型方法用于模拟裂隙结晶岩中的通道化地下水渗流, 并提出了一种利用水文地质表征数据信息对通道电导进行参数化的方法, 结果表明网络尺度水文地质非均质性是流量分布变异性的主控因素, 所提出的通道电导参数化方法有效且具有稳健性。基于现有的水文地质表征数据, 可以通过增强指定通道电导的可变性来补偿 CN 模型中被忽视的异质性。该研究结果有助于将 3D DFN 简化至 CN 模型, 并克服 CN 模型应用中的参数化难点。

(Engineering Geology, 2023.3.17)

18. 我国科学家提出基于时空深度学习和多任务学习的长短期记忆神经网络水文建模新方法

现有的长短期记忆 (LSTM) 神经网络水文模型缺乏多任务学习和空间信息的结合, 限制了其充分利用气象和水文数据的能力。针对这一问题, 清华大学倪广恒团队提出了一种基于时空深度学习 (DL) 的水文模型, 该模型将二维卷积神经网络 (CNN) 和 LSTM 耦合, 并引入实际蒸发 (E_a) 值作为额外训练目标。研究团队选择三个青藏高原山区盆地对 CNN-LSTM 模型进行了测试, 并将结果与纯 LSTM 模型进行了对比。此外, 还使用探

测方法对 DL 模型的内部嵌入层进行了破译。结果显示, LSTM 和 CNN-LSTM 水文模型在模拟径流 (Q) 和 E_a 方面均表现良好, 纳什效率系数 (NSE) 分别高于 0.82 和 0.95。这表明, 在 LSTM 模型中引入空间信息可以提高整体模型和峰值模型的性能。此外, 仅使用 LSTM 模型的多任务仿真在 Q 体积和性能估计方面准确性更高, 纳什效率系数提高约 0.02。探测方法还表明, CNN 可以捕获 CNN-LSTM 模型中的盆地平均气象值, 而 LSTM Q (E_a) 模型包含已知 Q (E_a) 过程的信息。该研究证实了空间信息和多任务学习在 LSTM 水文建模中的应用价值, 并提供了解释 DL 模型的内部嵌入层的新视角。

(Journal of Hydrology, 2023.3.20)

地质灾害

19. 基于多源遥感的高山上坡势滑坡识别与评价新进展

成都理工大学许强团队采用无人机摄影测量、光探测测距 (LiDAR) 和星基干涉合成孔径雷达 (InSAR) 等多源遥感技术, 对阿娘寨滑坡高山上坡的潜在危险进行识别和评价。基于阿娘寨滑坡高差大、坡度陡的特点, 研究团队提出并采用迭代路线规划方法, 分别使用无人机和激光雷达近飞法获得了三维模型 (分辨率 0.02 m) 和 DEM (分辨率 0.25m)。高分辨率无人机 3D 模型和 LiDAR 数据清晰识别出了米级的巨大裂缝, 证实了这些裂缝的位置与古滑坡的形态结构有关。对该高海拔滑坡体活动进行了 InSAR 时间序列分析, 揭示最大 LOS 位移率为 15 cm/a。遥感技术综合证实了阿娘寨滑坡上坡的高潜在风险, 并揭示了重新激活情况。根据上述发现, 研究团队将阿娘寨滑坡的发展过程分为四个阶段, 并指出了其中的级联效应。本文验证了综合方法成功识别和评估高空上坡潜在危险的有效性, 并

对比了其技术特点，对上坡潜在危害减灾工作具有参考价值。

(Landslides, 2023.3.20)

碳达峰碳中和

20. 我国海上首口二氧化碳封存回注井开钻

3月19日，位于南海珠江口盆地的中国海油恩平15-1平台马达钻具开始缓慢下沉入海。恩平15-1平台正式开启二氧化碳回注井钻井作业。这是我国第一口海上二氧化碳回注井。恩平15-1平台是目前亚洲最大的海上石油生产平台，去年12月7日投入使用。该平台搭载我国首套海上二氧化碳封存装置，模块重约750吨，核心设备包括二氧化碳压缩机橇、分子筛、冷却器等。回注井投产后，恩平15-1平台将规模化向海底地层注入、封存伴随海上油气开采产生的二氧化碳。恩平15-1平台预计高峰阶段每年可封存二氧化碳30万吨，累计封存二氧化碳150万吨以上，相当于植树近1400万棵，或停开近100万辆轿车。恩平15-1油田是我国南海首个高含二氧化碳油田。中国海油开展适应海上二氧化碳封存的地质油藏、钻完井和工程一体化关键技术研究，最终确定将二氧化碳封存在距离恩平15-1平台约3公里处的“穹顶”式地质构造中。这是我国自主设计实施的第一口海上二氧化碳回注井，标志着中国海油初步形成海上二氧化碳注入、封存和监测的全套钻完井技术和装备体系，填补了我国海上二氧化碳封存技术的空白。

(新华网, 2023.3.20)

局内硕果

21. 凯尔盖朗地幔柱演化与冈瓦纳东部破裂研究新进展

东冈瓦纳大陆裂解与凯尔盖朗地幔柱之间的关系仍然存在较大争议，

关键在于凯尔盖朗地幔柱的最初形成时间、地点及其演化历史有待明确。中国地质调查局成都地质调查中心张志团队提出了特提斯-喜马拉雅地块科米大火成岩省与凯尔盖朗地幔柱有关的最古老白垩纪式双峰岩浆作用（144-140 Ma）。镁铁质岩石以大洋岛屿玄武岩（OIB）状岩脉为主，偶有正常型洋中脊玄武岩（N-MORB）状侵入，长英质岩呈现出A型花岗岩特征。研究表明，双峰式岩浆作用（>140 Ma）对早期凯尔盖朗地幔柱活动具有明显关联，凯尔盖朗地幔柱最初形成于特提斯-喜马拉雅山地块，而非澳大利亚、南极洲和印度洋交界处。研究认为，与特提斯-喜马拉雅地块凯尔盖朗地幔柱相关的白垩纪岩浆作用可分为约141 Ma、约132 Ma和约117 Ma三个时期，分别对应于垂直底侵、连续上升和向南迁移过程。此外，研究发现特提斯-喜马拉雅地块的多期OIB状岩浆主要是下地壳与地幔柱相互作用的产物，而岩石圈地幔柱的影响微乎其微。这意味着岩石圈在大约141 Ma之前显著变薄，而在此之前，凯尔盖朗地幔柱一直位于特提斯-喜马拉雅地块之下。研究表明，凯尔盖朗地幔柱可能并非东冈瓦纳大陆最初裂解的触发因素，而是对后来完全裂解过程的补充。本研究的创新认识还包括，新特提斯洋在白垩纪海洋内俯冲引起的北向拉伸拖曳作用可能在凯尔盖朗地幔柱演化和东冈瓦纳大陆裂解中发挥了积极作用。

(Gondwana Research, 2023.3.20)

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：孙张涛	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