地质地球所等解析俯冲带硫循环

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/9021.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

硫（S）是地球上最常见的挥发分之一，在地球圈层形成与分异、岩浆演化与氧化还原状态、金属成矿元素富集以及全球气候变化等诸多地质过程中扮演着重要的角色。俯冲带是全球最大的物质循环系统，俯冲板片携带大量地壳物质进入深部地幔是壳-幔物质输送的关键环节，俯冲板片释放流体诱发地幔楔部分熔融导致岛弧岩浆作用是幔-壳物质交换的反馈机制之一。S在俯冲带过程中扮演
着非常重要的角色
，传统观点认为岛弧火山岩及熔融包
裹体的高S含量及重δ^{34}
S值（相对于MORB）是俯冲板片向弧下
地幔持续输送SO_4^{2-}（富^{34}
S同位素）的结果；此外
，岛弧环境的高氧逸度特征也被归因于携带SO_4^{2-}
的俯冲带流体对地幔楔持续氧化的结果。这种高氧逸度富S岩浆体系是岛弧斑岩矿床广泛发育的关键因素之一。然而，以往研究均是从岛弧岩浆地球化学角度来推测俯冲带S释放的特点，多为定性的判断，尚缺少俯冲带-岛弧之间S循环的直接证据。具体而言，俯冲带流体是控制板片向地幔楔S输送最主要的方式，然而目前对俯冲带流体中S的类型、含量以及同位素值并不清楚，严重制约了对俯冲带释放S通量限定以及对俯冲带-岛弧S循环的深入理解。

中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室副研究员李继磊、研究员高俊等，与柏林自由大学教授Timm John、耶鲁大学教授Jay Ague等合作，对西南天山高压-超高压变质带中含硫化物的变质沉积岩、变质基性岩（蓝片岩/榴辉岩）、高压蛇纹岩及其中的高压脉体进行了详细岩石学、全岩及原位S同位素地球化学和热力学模拟研究。岩相学证据揭示蓝片岩、榴辉岩及脉体中均有硫化物产出，无硫酸盐矿物。地球化学测试结果显示变质沉积岩具有负、变基性岩具有近零、蛇纹岩具有正的δ^{34}
S值；脉体硫化物原位S同位素值推
断俯冲沉积物释放流体的δ^{34}
S值为-8‰，基性蓝片岩/榴辉岩推断
俯冲洋壳释放流体的δ^{34}S值约为0‰（如图1），板片蛇纹岩释放流体的δ^{34}S值约为+8‰。

俯冲带流体中S的含量（[S]）及其种型是厘定俯冲带对岛弧S效应的关键。该研究利用最新的DEW模型计算出在不
同深度俯冲流体中[S]及种型比例。结
果显示在设定的P-T-fO_2条件下，S多是以还原态的HS^-及H_2S形式存在，SO_4^{2-}
离子含量非常低，与岩相学、地球化学证据相一致。流体中[S]总体较低，但在～90

km处具有一个峰值，高达0.5-1.0 wt.%（图2a）。该[S]峰值恰好对应于俯冲板片流体释放高峰期（图2b），暗示俯冲板片在弧下深度（70-100 km）可能存在一个短暂高效的S释放窗口。通过质量平衡计算，确定全球俯冲带S输出(output)通量为2.91×10^{12} g/yr（30-230 km深度），其δ^{34}S值为-2.1±3‰（图3）。相对于根据标准大洋岩石圈层序计算出的全球俯冲带S输入（input）通量4.65×10^{13} g/yr，仅有6.3%的S被释放到上覆地幔楔（图3）。

本成果的创新点及科学意义在于：

（1）首次从俯冲带角度给出全面的（考虑板片各个层位不同岩性释放流体的S含量/种型/同位素）、定量的（输入、输出通量/同位素定量）俯冲带S循环解析。俯冲带仅释放约6.3%的S，即使考虑计算误差，俯冲带-岛弧S循环效率也不超过20%。

（2）提出俯冲带的S不是岛弧的氧化剂，俯冲带在弧下深度不能以SO_4^{2-}的形式为地幔楔提供氧化物质。岛弧的高氧逸度特征应归因于其初始岩浆中H_2O的解离或岩浆分异（如Lee Cin-Ty的观点），这对厘清岛弧高氧逸度的来源及相关矿床的成因具有重要的指导意义。

（3）俯冲带释放流体的δ^{34}S值为负值，与岛弧火山岩中观测到的正δ^{34}S值可能无直接联系。岛弧岩浆中δ^{34}S值由负到正演化可能来源于岩浆分异中的其它过程或地壳混染。

（4）现今大洋岩石圈的长期俯冲会造成深部地幔δ^{34}S值的持续下降，以及地表S储库δ^{34}S值的持续上升，对建立地球长期的S演化模型有重要指示意义。

研究成果发表于国际学术期刊《自然-通讯》（*Nature Communications*）。该成果受到国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院青促会等的资助。

论文链接

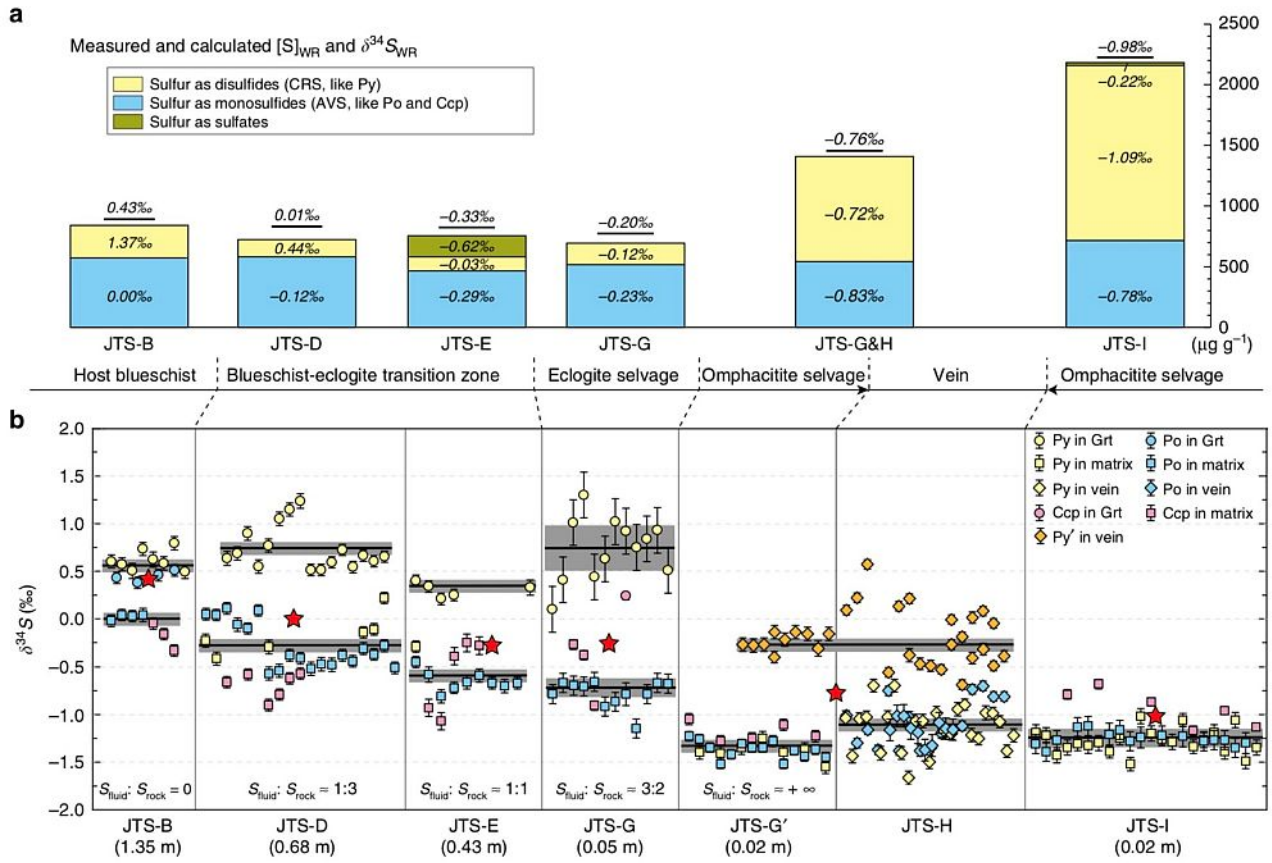


图1 含硫化物脉体及主岩的全岩与原位S同位素组成所揭示的俯冲带流体δ^{34}S值

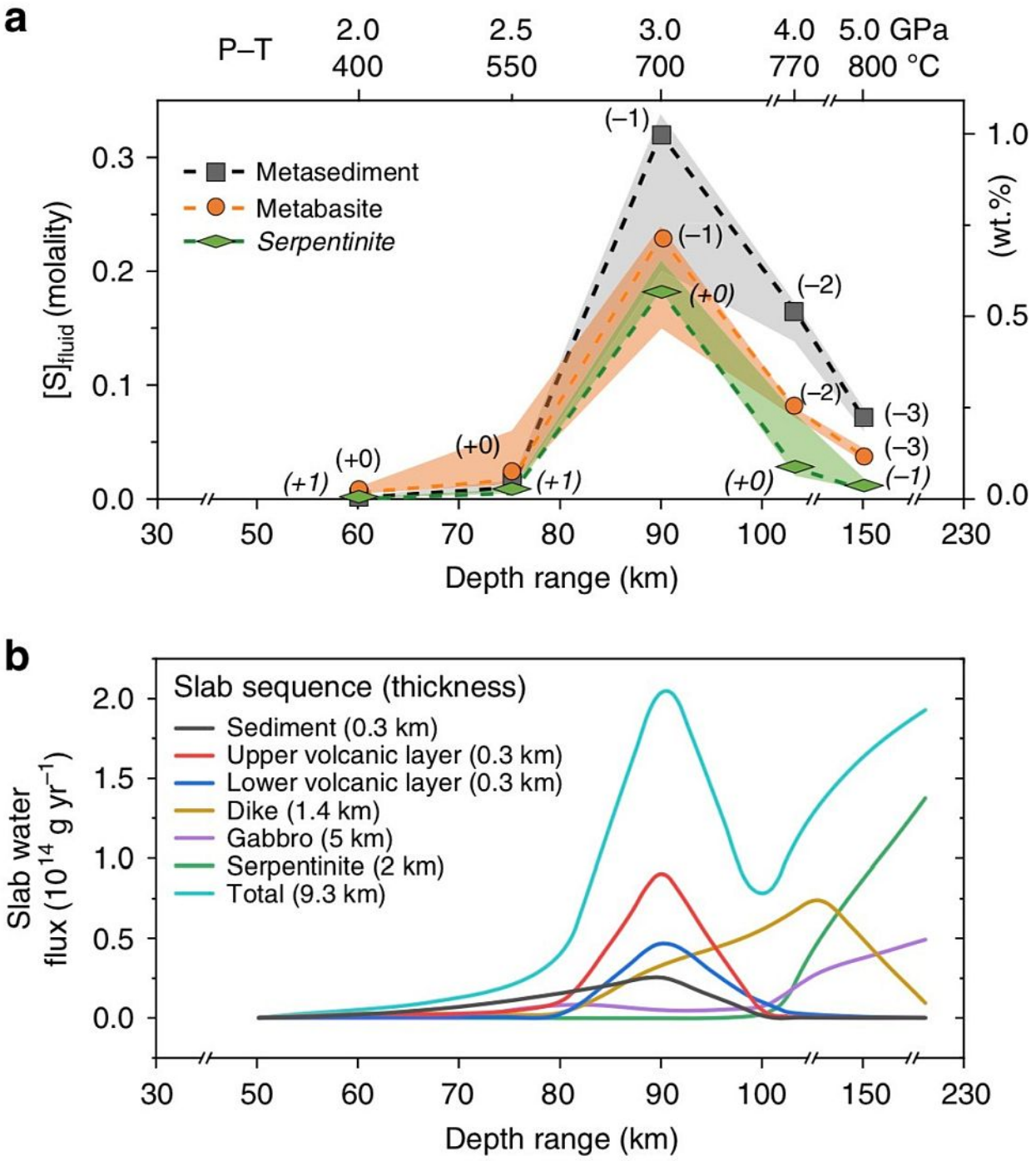


图2 俯冲带流体释放与S含量峰值重叠揭示板片在弧下深度的S释放窗口

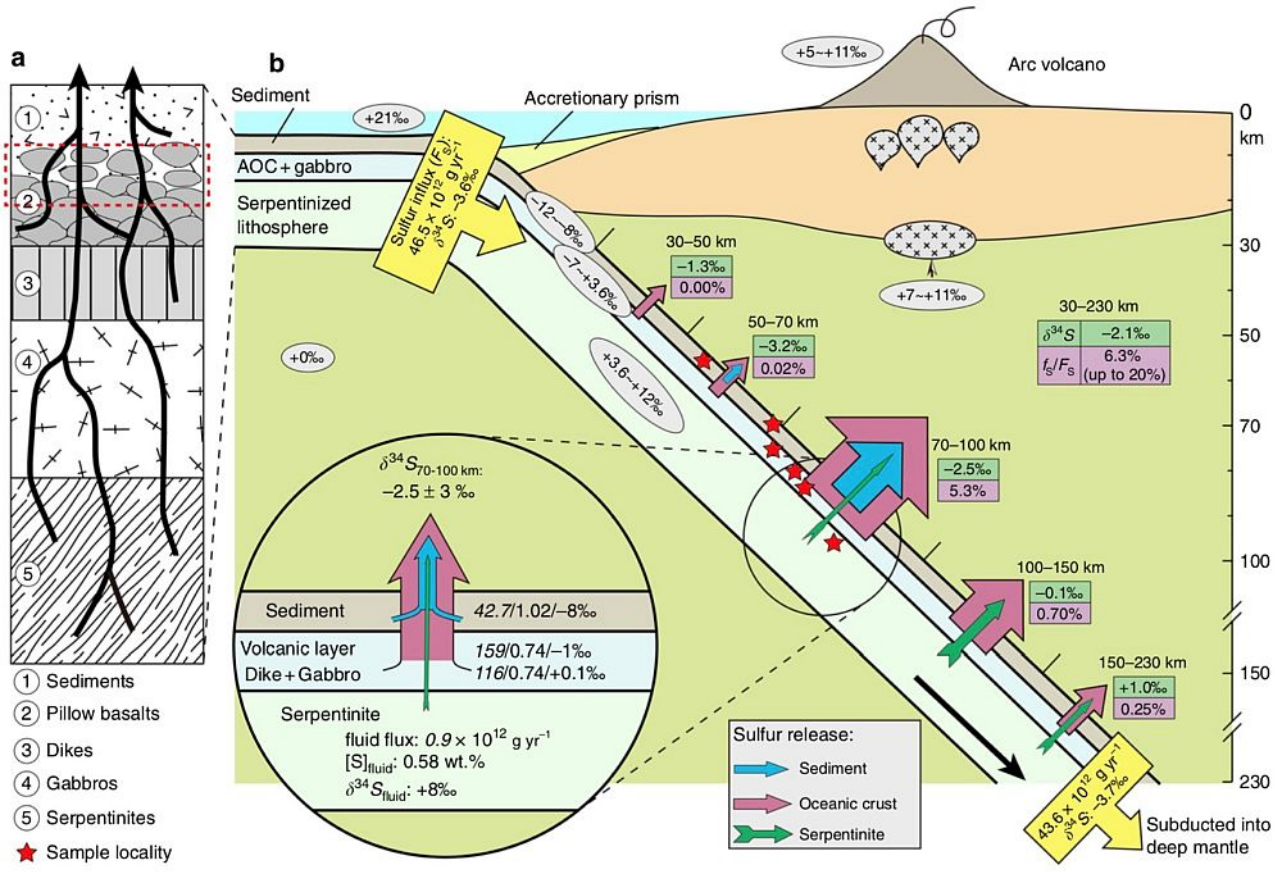


图3 俯冲带硫循环的定量模型

研究团队单位：地质与地球物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发