

- 2 Lamb H. Hydrodynamics. 6th ed. London: Cambridge University Press, 1932
- 3 Jacob M. Heat Transfer. New York: John Wiley & Sons Inc, 1949
- 4 别茹霍夫著, 杜庆华, 庞家驹, 黄克智, 等译. 弹性与塑性理论. 北京: 高等教育出版社, 1956
- 5 Cai RX, Zhang N. Unsteady 1-D analytical solutions for bio-heat transfer equations. Progress In Natural Science., 1998, 8: 733—739
- 6 蔡睿贤. 非正常可压等熵流非线性方程显式解析解的推导. 工程热物理学报, 2001, 22: 159—162
- 7 Cai RX, Zhang N. Some algebraically analytical solutions of unsteady nonlinear heat conduction. ASME J Heat Transfer, 2001, 123: 1189—1191
- 8 Cai RX, Zhang N. Explicit analytical solutions of 2-D laminar natural convection. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2003, 46: 931—934

变质沉积岩中发现斯石英存在的证据: 陆壳深俯冲 折返的深度可超过 350 km

超高压变质及其引伸的大陆深俯冲作用是数十年来国际固体地球科学研究中思想最活跃、竞争最激烈的研究领域之一。按照传统的板块构造学说, 在板块边界消减俯冲带上, 大陆地壳因其密度低, 不可能俯冲到高密度的地幔中去。然而, 1984 年法国科学家 Chopin 和 Smith 分别在西阿尔卑斯和挪威变沉积岩中发现了柯石英, 随后前苏联和我国学者分别在哈萨克斯坦变沉积岩和中国大别榴辉岩中发现微粒金刚石, 证明低密度的陆壳岩石可被俯冲到大于 80—120 km 的地幔深度, 然后再折返到地表。这些发现改变了传统的地球动力学观念, 很快在国际上引发了一场超高压和大陆深俯冲作用研究热潮。之后, 中外科学家发现一些矿物的出溶结构指示陆壳岩石俯冲深度不只限于 80—120 km, 而是达到大于 200 km 的地幔深度, 超越了柯石英与金刚石的记录; 一些超深地幔岩的金刚石包体或一些矿物的出溶结构指示其是从大于 300 km 甚至地幔过渡带的深度 (410—660 km) 侵位或被带到地表的。由此, 引发了国际地学界新的探索与思考: 陆壳岩石究竟能被俯冲到地幔多深? 深俯冲陆壳的命运如何?

斯石英是 SiO_2 的同质多相变体之一, 形成于高于 9 GPa 的极端超高压条件。自然界产出的斯石英仅见于陨石冲击形成的陨石坑中。天然非冲击成因岩石中尚未发现斯石英。

西北大学地质系刘良等在国家自然科学基金持续资助下 (项目编号 40572111; 40372088; 40472043; 40502021), 对陆壳深俯冲/折返深度研究取得了重要进展。在 2007 年 11 月 30 日发表在国际权威学术期刊《地球与行星科学通讯》上的论文, 针对在我国西部阿尔金超高压带泥质片岩中发现的石英晶体中富含定向排列的蓝晶石+尖晶石棒状体, 通过精细的显微结构观察、电子背散射图谱与费氏台测定以及高温高压实验研究, 确定其形成是含铝-铁斯石英降压出溶退变的产物。这是首次发现和确定变质岩中曾存在斯石英的显微结构证据。根据铝+铁在斯石英中溶解度的实验资料与重建母体斯石英铝+铁含量的对比, 推导该泥质片岩的最高变质压力为 12—14 GPa, 揭示陆壳岩石可被俯冲到至少大于 350 km 地幔深度并折返回地表, 代表迄今国际已知典型陆壳俯冲/折返最深的确切岩石学记录。结合前人的研究成果, 他们还提出大于 350 km 的地幔深度可能是深俯冲陆壳岩石接近其不能折返回地表的深度极限以及陆壳岩石可被俯冲到地幔过渡带深度 (410—660 km) 并在那里参与壳-幔相互作用地球化学演化 (诸如成为板内热点或 OIB 玄武岩的源区) 的认识, 为理解地球深部物理和化学性质的不均一性提供了重要新证据。

这项研究采用的多学科交叉的研究方法, 尤其是把矿物显微结构的精细显微镜观察与现代高温高压实验结果和多种矿物微区分析测试手段有机结合的研究思路与途径, 为今后在其他岩石中识别斯石英是否曾经存在、以及揭示一些特殊矿物显微结构所蕴含的丰富地质信息的研究有重要的借鉴和参考价值。

(供稿: 姚玉鹏)