

# 极端环境中成矿作用的初步模拟实验研究\*

李建康<sup>1,2</sup>, 周义明<sup>3</sup>, 袁顺达<sup>2</sup>, 王登红<sup>2</sup>

(1 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3 美国地质调查局, Reston, VA 20192)

传统上认为成矿作用是指成矿元素在成矿流体形成和迁移途中逐渐富集和沉淀的过程, 该过程中压力和温度是前后相承连续变化的, 故成矿作用往往可以分成若干个阶段。但是, 这种传统认识难以解释一些成矿作用的发生, 例如广西大厂矿床100号矿体的形成机制。大厂矿床100号矿体赋存于泥盆系礁灰岩中, 为一形态不规则的巨大块体, 总体上呈向西突出的新月形, 长达1 240 m, 宽105~240 m, 一般厚7~25 m, 平均厚14.46 m, 中心部位最厚达33 m (张起钻, 1999)。虽然单矿脉的规模如此巨大, 但矿体中几乎没有夹石存在, 仅偶见“俘虏”礁灰岩岩块和沥青团块分布, 而且矿体与围岩界线清晰截然。从这些特征可以推断高度富集成矿物质的流体快速贯入成矿空间, 但仍然无法解释的是为什么热液未与礁灰岩发生反应, 矿体围岩几乎没有发生[delete]热液蚀变。为了解释100号矿体的成因, 人们提出了各种假设, 是不是金属以气体的形式迁移, 或以纳米的形式迁移? 一种比较科学和切合实际的解释是: 100号矿体是在一定温度和压力作用下运移的成矿流体, 进入到古溶洞后突然失去了压力而导致流体“失压沸腾”, 成矿物质大量聚集的结果 (王登红等, 2004; Wang et al., 2004)。但由于实验设备的限制, 无法论证。本次研究在使用最新式热液金刚石压腔 (HDAC) 开展岩浆热液结晶动力学实验模拟研究过程中, 原位观测到高温环境中, 压力骤降的极端条件下晶体快速定向生长的过程, 这有助于理解大厂100号矿体的形成过程。

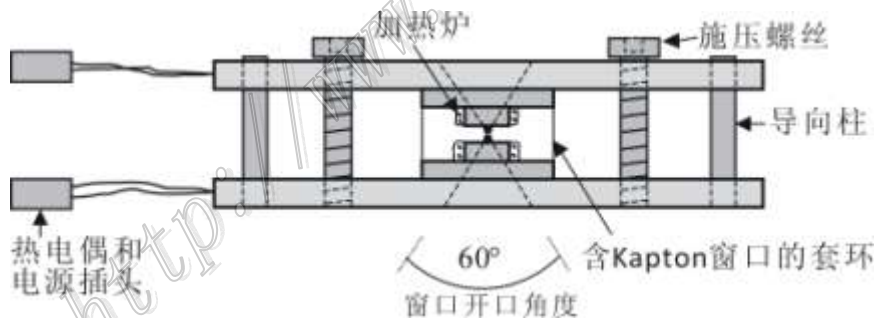


图1 最新式热液金刚石压腔 (HDAC) 的结构图 (Anderson et al., 2010)

热液金刚石压腔主要由加热炉和样品腔组成, 样品腔是由上下两颗金刚石压砧和位于两个金刚石中间的孔洞直径1.0mm的铍片构成的封闭体系, 加热系统为Linkam TMS94, 最高可控加热温度为900℃, 温度误差为±0.5℃ (图1)。在本次实验中, 初始固体样品为LiAlSiO<sub>4</sub>-NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-SiO<sub>2</sub>, 初始流体样品为10wt% LiCl水溶液, 二者同时封存于样品腔内形成一个封闭体系。在加热过程中, 样品腔内的空气泡在263℃消失, 而后样品腔内的压力沿着体系的等容线快速上升。当加热到在850℃时, 硅酸盐熔体珠几乎完全溶解于水溶液 (图2A), 而后样品腔发生一定程度的泄漏, 大量熔体珠又重新出溶; 当加热到870℃时, 样品腔的铍片发生破裂, 压力骤然从几千大气压降低到接近一个大气压, 同时大量晶体瞬间自样品腔边缘向内定向生

\*本项目由深部矿产资源立体探测技术及实验研究项目 (SinoProbe-03-01)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (K001)、国家自然科学基金项目 (40702014)、国家博士后特别资助项目和国家博士后基金项目(20080440184)资助

第一作者简介 李建康, 男, 1976年生, 博士, 副研究员, 主要从事矿床学研究。Email: Li9968@126.com

长(图2B);在随后的缓慢降温至100℃过程中,晶体的生长程度很小(图2C)。此外,大量的同组成和近似组成的实验说明,在温度和压力逐渐降低的过程中,只有熔体珠出熔的现象,晶体较难成核和结晶。

本次研究中实验物质能够在850℃完全均一成硅酸盐水溶液,其物质组成和物理化学性质相当于岩浆分异出的岩浆热液。在大厂矿区成矿流体主要来源于深部岩浆热液(陈毓川等,1993),如果赋矿的礁灰岩在成矿前存在较大的空间,例如原来礁灰岩中的油储在燕山期花岗岩作用下被破坏而形成的古溶洞(曾允孚等,1982;张起钻,1999),则成矿热液贯入后会造成压力骤然降低,这与本次实验过程中样品腔突然断裂的情景相近。而且,本次实验现象说明,在高温高压环境中,压力的骤然降低能够促进晶体的定向生长,形成定向结构(图2C,D)。在大厂100号矿体中也存在这样的定向结构,黄铁矿-铁闪锌矿-脆硫锑铅矿组合按一个方向自脉壁向内定向生长排列,与本次实验的结果也极为相似。此外,压力是围岩发生热液蚀变的主要因素之一,压力的骤然降低不利于围岩蚀变的发生,由此也可以解释100号矿体围岩蚀变程度很低的原因。

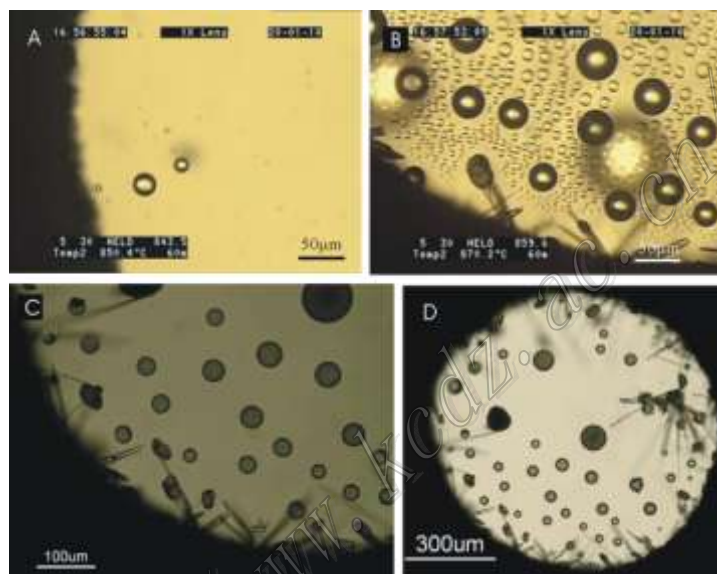


图2 高压状态下,压力突然降低条件下晶体快速生长的过程

- A. 在850℃,约500 MPa条件下,熔体珠逐渐溶解在热液中; B. 在870℃,压力突然降低为近1 bar条件下,晶体在样品腔上快速呈针状生长;  
C. 实验结束后自样品腔定向生长的晶体; D. 实验结束后,样品腔内的晶体生长分布情况

综上所述,虽然本次实验的初始物质并非代表大厂100号矿脉成矿流体的组成,但二者具有相似的物理化学性质,实验过程能够初步解释100号矿体中矿物的定向生长现象和围岩弱蚀变的现象,暗示了100号矿体可能是成矿流体迁移过程中压力骤降的结果。但是,具体的成矿过程的模拟尚需改进实验设备,开展比较系统的实验。

#### 参考文献

- 陈毓川,黄民智,徐珏,胡云中,唐绍华,李荫清,孟令库. 1993. 大长锡矿地质[M]. 北京:地质出版社. 361页.  
王登红,陈毓川,陈文,桑海清,李华芹,路远发,陈开礼,林枝茂. 2004. 广西南丹大厂超大型锡多金属矿床的成矿时代[J]. 地质学报, 78(1): 132-138.  
曾允孚,王正英,田洪钧. 1982. 广西大厂龙头山矿区矿床成因初探[J]. 成都地质学院学报, (3): 15-26.  
张起钻. 1999. 广西大厂锡多金属矿田100号矿体地质特征及成矿机理探讨[J]. 矿产与地质, 13(6): 324-329.  
Wang D H, Chen Y C, Chen W, Sang H Q, Li H Q, Lu Y F, Chen K L and Lin Z M. 2004. Dating of the Dachang superlarge tin-polymetallic deposit in Guangxi and its implication for the genesis of the No.100 orebody[J]. Acta Geologica Sinica, 78(2): 452-458.  
Anderson A J, Meredith P R, Bassett W A, Mayanovic R A and Benmore C. 2010. The design and application of a new Bassett-type diamond anvil cell for spectroscopic analysis of supercritical aqueous solutions[A]. The 2nd Canada-China Joint Workshop on Supercritical Water-Cooled Reactors (CCSC-2010).