

地壳中的成矿地质流体体系^①

刘建明 储雪蕾 刘伟 孙世华 覃功炯 常旭

(中国科学院矿物资源探查研究中心, 北京 9701 信箱 100101)

摘要 本文论述了地质流体研究的学科前沿性, 认为地壳中可划分出六大类不同的成矿地质流体体系:

- (1) 与大陆地壳中一酸性岩浆热事件有关的热液流体体系
- (2) 与海底基性火山活动有关的热液喷流流体体系
- (3) 与海相沉积盆地演化有关的盆地流体体系
- (4) 与区域变质作用有关的变质流体体系
- (5) 与地幔排气过程有关的深部流体体系
- (6) 与大型剪切带的发生演化有关的流体体系

并简要讨论了每个成矿流体体系的发生、演化、特征和成矿作用。

关键词 地质流体 流体体系 热液成矿

1 概述—地质流体研究乃是当今重大地球科学前沿之一

现有的地球科学知识体系, 主要是基于对地球固体物质的研究而建立的。地质学发展到今天, 人们已经认识到: 无流体参加的干条件下发生的任何地质作用实际上都是无意义的; 流体是岩石圈质量和能量传输最为活跃的因素; 流体活动在很大程度上控制着岩浆、变质、沉积—成岩、成矿乃至构造变形等地质—地球化学作用过程的发生和进行, 而且与岩石圈的地球物理结构和力学性质都有着密切的联系。在古老的地学领域, 我们第一次能够以流体为媒介把各种不同的地质过程有机地联系在一起。因此, 将流体活动与岩石圈的形成和演化相联系, 从流体的角度重新考察并认识各种地质作用过程, 已经成为地学领域一个引人注目的新兴前沿阵地。

本文的“地质流体”(geofluid), 是指存在并活跃于岩石圈中的, 由 H_2O 、 CO_2 、烃类以及卤素、S、N 等挥发组分及其中的溶解组分一同构成的复杂流体相。而“流体地质”则是指与这类流体活动有关的各种作用过程。流体体系(fluid system)是指起源于一定的地质构造环境下、活动于统一的地质作用过程中, 受同一的地质构造—热—化学—动力条件驱动的液体系统。流体体系的概念, 打破了传统的岩浆水、地表水、变质水的界限, 强调了流

^①本文1996年3月27日收到, 该项目由国家自然科学基金委主任基金项目49453003资助。

体—热—化学—地质构造环境的多元耦合作用，突出了流体和固体岩石之间的有机联系和整体性，更有利于有关研究的开展。

尽管人们很早就把流体作为岩石/矿石生成过程中的一个重要因素来看待，但真正引起人们的广泛重视是从70年代开始的。Touret在70年代初首次在挪威南部的麻粒岩中发现了大量富CO₂的流体包裹体，使人们认识到地壳深部流体的客观存在及其重要性，从而掀起了一个研究麻粒岩中流体的热潮。1978年Fyfe等人发表了《地壳中的流体》一书，首次在区域变质和岩石变形这两个领域较全面地论述了流体在地壳中的作用。在研究流体的进程中，始于100多年前，但在60年代末才得到蓬勃发展的矿物流体包裹体研究，始终是最重要的研究手段之一，正是它使人们对地质历史上地壳中流体的性质和分布逐渐有了比较理性的认识。稳定同位素研究以及其它地球化学研究证实了表源流体在大陆和海底地壳内的大规模循环。油气运移和聚积的研究则为理解流体在地壳中运移的机理和模式提供了很好的例证。地球物理电磁和导电率测深揭示出的深部高导层以及由地震反射推断的岩石圈低速带都认为可能是由深部含水流体相带造成的。更具轰动性，也更具说服力的事实来自于对现代地壳中正在活动的流体的研究，不仅仅是大陆地热异常区的热水和油气田的油田卤水，而且直接观测到现代洋底正在喷出的热液流体和大陆深钻（以及大洋钻探）中采集到的流体样品。同时，70年代后期兴起的、范围广泛的水—岩相互作用研究，对于定量地描述和理解有关流体与固体地壳的作用过程和机理起了极大的促进作用。随着当代模拟—实验技术和计算—处理这两大技术体系的飞速发展，自然作用热力学和化学动力学已经发展成为研究地质流体和地质作用过程的日益重要的支柱学科。美国国家科学出版社1990年出版的《The role of fluids in crustal processes》和Bridgwater 1989年主编的《Fluid movement—Element transport and composition of the deep crust》都较全面地概括了地球内部流体研究的动态。Fyfe(1992)，Tarney et al(1991)和Torgersen(1991)主编的论文集也分别从变质、板块俯冲和流体运移的角度讨论了有关流体地质研究的许多重大问题。重建沉积盆地中古流体迁移场和探讨流体—热—变形—化学之间的多元耦合，已在Geofluids'93会议中成为热点(Parnell et al., 1993)。

目前的发展趋势是地球化学动力学与流体动力学的全方位耦合，也就是“带有化学反应（矿物溶解与沉淀）的流动过程”，这为认识岩石圈流体活动的时间和空间型式展示了激动人心的前景。更重要的是，人们开始将地质流体体系的发生和演化与岩石圈中的各种地质事件和地质作用过程联系起来，探讨其对岩石圈物质—能量分布和迁移的控制，为建立新一轮的地球科学知识体系提供了良好的机遇。同时，地质流体的研究在许多应用领域具有非常重要的意义，尤其是固体矿产资源和油气资源的寻找和评价，现代地质灾害防治、地下水污染、放射性和有毒废物的长期地质贮存等重要领域，并因此日益受到人们的重视。

如果说，过去我们是研究与地质作用有关的流体，那么现在则是要研究与流体活动有关的地质作用过程；过去是研究成矿作用中的热液流体，而现在则是要研究岩石圈中的流体活动以及与之有关的成矿过程。我们定义的流体，是控制岩石圈中地质过程的发生和演化的流体。这是一种思维和观念上的深刻改变。我们期望着这种观念上的改变能带来地学概

念和理论上的重大变革.实际上,开展以地质流体为主线的研究,乃是当今地球科学为了更接近自然真实,而从静态向动态、从线性向非线性、从封闭体系向开放体系、从平衡过程向非平衡过程、从定性向定量、从结果到过程、从现象描述到机理探讨这一系列重大转变的需要.因为流体是动态的,它的活动是非线性、非平衡的,它使岩石圈的各个部位相互开放产生质-能交换,从而控制着一系列地质作用过程的发生和发展.

概括起来,地质流体的作用可大致归纳为三个方面.(1) 流体自身的流动就是实现物质和能量迁移的直接过程;(2) 通过与固体岩石以及岩浆熔体的化学反应不断改变着它们的化学组成(主、微量元素以及同位素组成等);(3) 通过与固体岩石以及岩浆熔体的物理作用不断改变着它们的各项物性参数(如岩石力学性质、流变特性、岩浆的粘度等).这一领域目前存在的关键性科学问题主要有:地质流体的起源、组成、物理化学特征、规模、通量、大规模运移的通道和机理、流体-热-力学-化学之间的耦合作用、流-岩反应的化学动力学机制、流体在造山过程和地壳变形中的作用、流体的成岩成矿效应等.

在我国,对流体的研究一直是作为它项地质研究中的一种配合手段,地球化学热力学和动力学模拟研究刚刚起步.1992年召开首届自然作用热力学学术会议,但以流体活动为主线的系统研究还没有.我们应该把握时机、尽快选准突破点,集中财力、物力和人力,实行“有限目标,重点突破”的策略,争取在地质流体这一重大前沿科学阵地上占据一席之地.

热液矿床从来就是矿床学界最为活跃的领域,而地质流体研究的进步也在很大程度上得益于热液矿床的研究成果.因此,本文结合我们近几年的工作,着重讨论与成矿有关的流体体系.我们对成矿地质流体体系的分类和命名原则有四条:流体活动的地质-构造背景;与流体活动耦合的主要地质作用过程;流体活动的主要成岩成矿效应;易于理解的通用术语.经过我们的初步研究,可以大致划分出下述六大类不同的成矿地质流体体系.

- (1) 与大陆地壳中一酸性岩浆热事件有关的热液流体体系
- (2) 与海底基性火山活动有关的热液喷流流体体系
- (3) 与海相沉积盆地演化有关的盆地流体体系
- (4) 与区域变质作用有关的变质流体体系
- (5) 与地幔排气过程有关的深部流体体系
- (6) 与大型剪切带的发生演化有关的流体体系

2 与大陆地壳上部中一酸性岩浆热事件有关的热液流体体系

不均匀性是地壳的基本特征之一.深部炽热岩浆的上升使地壳温度分布不均匀,形成许多地热异常区.一般认为,浅部地壳内有一个不连续的地下水圈,热力驱动下就会产生水热流体的环(对)流,这实际上是系统自我调节以消除或减小温差、趋向温度平衡的一个最优化过程,乃是地球冷却的重要机制之一.这种热水活动就是地热异常区的主要表现形式,也是地质历史上最常见的热液成矿系统之一.现代大陆地热系统在地表有热泉、喷泉、喷气孔、热淤泥池、热水塘、泥火山、水热爆炸产物(角砾岩)、泉华、热液蚀变等表现形式,并经常伴有浅成热液型矿化的发生.尽管其能量主要来自上侵岩浆,但稳定同位

素研究表明,大多数热水源于大气降水,其中的溶解组分可能主要由环流热水从流经的岩石淋滤而来;当然,在较深部位岩浆热液的活动会越来越强,许多火山喷气中也常常检测出深源组分.

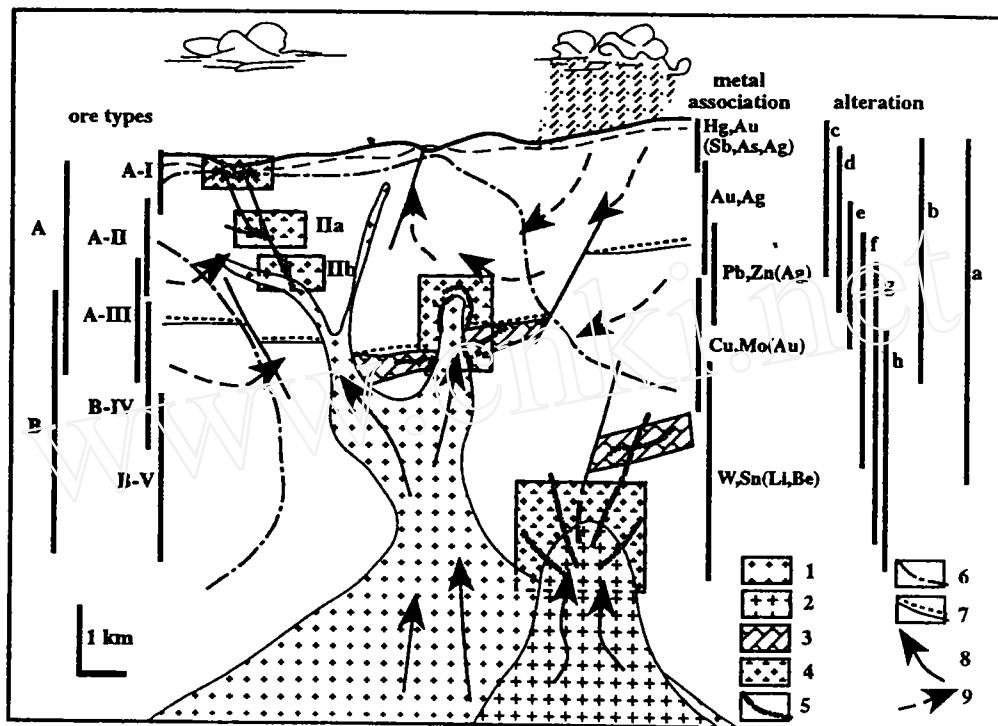


图1 大陆地热系统中的综合热液成矿系列模式

1. 和 2. 早期和晚期侵入的花岗岩; 3. 较老的碳酸盐地层; 4. 强热液蚀变带和细脉侵染带, 包括热液爆破角砾岩; 5. 矿体; 6. 等温线; 7. 分隔基底地层和年青火山岩盖层的不整合面; 8. 上升岩浆热液流体的运移路径; 9. 下渗环流加热大气降水的运移路径.

图左面为矿化类型分带: A. 浅部大气降水加热环流成矿系统; B. 深部上升岩浆热液成矿系统. A-I. 地表沸腾混合沉淀带的热泉型浅成热液金、汞矿床; A-II. 中部沸腾混合沉淀带的脉型-破碎带蚀变岩型浅成热液金银矿床以及铅锌(银)矿床; A-III. 下部沸腾混合沉淀带的斑岩型铜、钼、(金)矿床; B-IV. 砂卡岩型铜、铁、铅、锌矿床以及钨、锡矿床; B-V. 岩浆高温热液石英脉型和云英岩型钨、锡矿床.

图右面是围岩蚀变类型分带: a. 广义的硅化; b. 青盘岩化和沸石化; c. 泥化和高级泥化; d. 冰长石化; e. 绢云母化; f. 钾长石化; g. 砂卡岩化; h. 云英岩化和电气石化.

我们通过对现代活动热液成矿系统和古代相应热液矿床的系统总结和广泛对比, 把浅部下渗加热环流大气降水与深源上升岩浆热液联系在一起, 提出了一个综合热液成矿系列模式, 并运用这一模式讨论了中国东部中生代火山岩区和西藏中生代火山岩区有关热

液矿床的成矿规律(刘建明, 1989, 1993, 1994)。简而言之, 深部炽热岩浆的上升在浅部大陆地壳内形成许多地热异常场, 表现为下渗大气降水在热力驱动下的加热环流体系, 环流热水从流经的围岩淋滤获得成矿组分, 并主要生成地表热泉型和浅成热液型矿床; 在这一环流热水体系之下尚可能存在一个上升岩浆热液成矿系统, 并可能有矽卡岩型矿床以及石英脉型和云英岩型钨锡矿床的形成; 而在这两个热液成矿体系的接触混合部位则可能有斑岩型矿床的生成。综合起来, 从地表向下可能出现如下的矿化分带(图 1): 地表热泉型浅成热液金、汞矿床 → 脉型浅成热液金银矿床以及铅(银)矿床 → 斑岩型铜、钼矿床 → 矽卡岩型铜、铁、铅、锌矿床以及钨、锡矿床 → 石英脉型和云英岩型钨、锡矿床。上述矿化分带也可能表现为以热源为中心的水平分带。当然, 由于具体的地质、地球化学条件不同会发生某些带的缺失或位置改变。这一模式对于讨论岩浆热液与下渗加热大气降水热液之间的耦合机制及其有关的成矿系列和成矿规律, 具有重要的理论和实践意义。

3 与海底基性火山活动有关的热液喷流流体体系

大量的地球物理测量表明, 具高热流量的洋脊, 其内部热流量分布极不均匀。地球物理学家指出, 这是下渗冷海水的对流循环造成的, 这种热对流体系在地质历史上普遍存在, 是地球冷却的重要机制, 其海底露头将构成一个热水喷流区。果然, 大洋深潜调查 1976 年在东太平洋 Galapagos 扩张中心首次发现了活动的热液喷口(Corliss, 1979), 曾轰动一时。此后十多年又相继发现了百多个类似的海底热液喷流区和有关的矿化产物, 遍及四大洋的洋中脊以及裂谷海和弧后扩张中心。据 Rona(1988)的统计, 截至 1987 年, 全球总长 55000km 的扩张中心只有接近 1% 被较为系统地调查过, 但已发现的百多处矿化地段几乎包括了地质历史上已知的所有贱金属块状硫化物矿床类型, 此外还涉及相当一部分铁锰氧化物矿床以及金矿床和重晶石矿床(刘建明, 1991)。成矿元素主要有 Cu, Zn, Pb, Fe, Mn, Ag, Au, Co, Ba。

采自洋脊的玄武岩样品都显示一定程度的蚀变变质(低绿片岩相为主), 经研究, 这是下渗海水热对流过程中与玄武岩反应的结果。70 年代初为验证海底扩张假说和探讨海水某些组分收支平衡的控制因素, 玄武岩—海水反应的实验研究应运而生, 并很快发展成目前范围广泛的地球化学动力学模拟。海底活动热液喷口发现后, 人们认识到, 这种水—岩反应的另一重要意义就是使海水演化成含矿热液。控制海底热液物理—化学特征的主要因素有三: 与海水反应的岩石特征(主要是玄武岩, 但也可能是超基性岩、沉积岩等)、反应时的温度以及水岩比。以温度 350℃ 和水/岩比 50 为界, 通常分出四类反应: (1) 低温—高水/岩比, 主要发生于洋壳上部玄武岩层表层数米处; (2) 低温—低水/岩比, 发生于洋壳深部; (3) 中(高)温—中(高)水/岩比, 扩张中心侧翼; (4) 高温—低水/岩比, 主要发生于扩张中心轴线上。只有第四类反应最有利岩石中铜、锌、铁、锰等金属的活化淋滤。上升环流热液在海底上下的沉淀卸载过程既可发生在海底以下的岩石裂隙孔隙之中, 也可以在海底与正常沉积作用一起进行。热液卸载的机制主要有沸腾、与冷海水以及围岩相互作用(包括温度、氧逸度、酸碱度以及各种矿化剂和金属组分的交换)。而影响卸载过程的主要

因素有热液的物理化学特性、海水深度和海底地形等。

4 与海相沉积盆地演化有关的盆地流体体系

近期的海洋学、现代沉积盆地和石油天然气研究,经常在一些海底的现代沉积物覆盖区(海底未直接出露火山岩)发现有热液活动,如美国的 Salton Sea、加利福尼亚湾的 Guaymas 盆地、北东太平洋 Gorda 海脊的 Escanaba 海槽和 Juan De Fuca 海脊的 Middle Valley 等。海底的这种热液并非如现代洋中脊所喷出的热水那样,由海水/玄武岩反应而成,而是在沉积物演化过程中产生的盆地流体。盆地流体是指活动于沉积盆地演化过程中、并参与了沉积物的各种成岩—后生变化的复杂流体相,主要包括来自盆地内部沉积物压实和相变释放出的流体,以及由盆地边缘大陆区补给的大气降水。

富水的新鲜沉积物一旦被覆盖,就开始了连续的脱水排水过程。大致可分三个阶段。第一次脱水就是通常所说的压实作用,主要排出孔隙水和粘土矿物的层间过量水,泥质沉积物的孔隙度将由 80% 下降到 30%。具半渗透膜效应的泥质沉积物产生“离子过滤”现象将使剩余孔隙水的盐度大大增高;第二次脱水主要是由于温度升高(100℃左右)使粘土矿物放出大量层间水和结构水,使可膨胀粘土(蒙脱石)经过一系列混层过渡结构向非膨胀粘土(伊利石)转化,被称为蒙脱石脱水作用。第三次脱水是伊利石等非膨胀粘土矿物向云母等矿物转化的过程。盆地流体的运移特征是:(1)上覆沉积物加积而引起的压实作用促使沉积物中孔隙水排出并向压力较小(即覆盖较薄)的部位流动,即主要向上、向盆地边缘、向水下高地部位流动。(2)当砂泥岩互层时,由于泥质沉积物压实并排出流体的速率和数量远大于砂岩,流体将从泥岩向砂岩垂向流动,而在砂岩中则会有侧向流动发生。(3)压实过程中由于流体排出受阻(例如有隔水屏蔽层的存在)而使其中的孔隙水具有高于静岩和静水压力的异常高压,称之为欠压实异常高压现象。结果使相邻岩层间存在一个压力差,这是促使石油天然气运移的主要动力。

盆地流体与活动于地壳内的其它流体的最主要区别是含有丰富的有机组分。沉积有机质在成岩—后生演化过程中产生大量的、富含烃类的可溶性有机质,它们与盆地卤水一道组成我们定义的盆地流体。它们既可能在有利部位聚集成工业油气藏,又是促使许多金属元素从母岩中迁移出来的萃取剂、络合剂和搬运剂。生物—有机成矿乃是近年的研究热点之一。石油(尤其是成熟度低的重质高硫石油)和油田卤水常常含有高浓度的成矿金属组分,已经熟为人知。其中的金属经常与某些复杂有机配体中的 S、Cl 和 N 结合生成多齿杂环络合物。

在沉积盆地演化过程中,沉积物成岩压实和矿物相变都能释放出大量的水,并由于离子过滤效应、有机物变质作用、地热增温、相变等过程而使残留孔隙水的盐度以及酸度和温度增高。尤其是在欠压实的异常高压含水层中,孔隙水的含量及其压力、温度和盐度都异常地高。被浸泡于其中的沉积物质点所携带的成矿组分通过各种方式被释放在这种高盐卤水中就演化成为成矿热液。当同沉积期的断裂—地震活动或者欠压实异常高压系统自身的水热压裂穿透上覆的隔水屏蔽层时,储水层中的热卤水将迅速涌向海底形成热液喷流区。

最有利产生这种热液的环境是具泥质盖层的砂质岩系.这种结构常出现在浊流沉积或海侵岩系的下部.而与水下地震和滑塌堆积相联系的同沉积断裂活动,则是促使这种盆地成因成矿流体大量释放且聚流到一定部位集中成矿的重要诱因.由此形成许多 Sedex(沉积喷流)型矿床和碎屑岩容矿的微细浸染型金矿床(刘建明, 1991 和 1994).若这种盆地流体在碳酸盐沉积层中活动,则有可能形成 MVT(密西西比式)Pb-Zn 矿床.

近年我们对沉积岩中微细浸染型金矿床及其赋矿地层的系统组构学和地球化学研究表明,这类矿床也是盆地流体的产物,金在成矿流体中可能是以大分子有机络合物的形式迁移,并由于各种吸附作用而沉淀卸载.综合各方面的研究,作者首次提出了这类矿床的盆地流体成因模式^①(图 2).

5 与区域变质作用有关的变质流体体系

变质流体是指在区域变质热事件过程中活跃于变质体系内的各种流体的总和,目前则以流体包裹体的形式被封存在变质矿物之中.从变质浅部带往深部带,变质流体的来源和性质有很大的变化.麻粒岩相的深变质带是以深部(地幔排气)来源的流体占优势,主体是高密度的 CO_2 、 H_2S 、 CH_4 、 N 等;经过角闪岩相到麻粒岩相的转换带,变质流体从以水(H_2O)为主变为以 CO_2 为主.在中低级变质区,流体成分继承了原岩流体的性质,主要是由原岩的脱水脱气作用形成的,是一个典型的岩石缓冲体系(Gray 等, 1990; 刘伟, 1994).浅变质带内则有地下水或地表水的向下渗透参与,主体为 H_2O 、 CO_2 、 CH_4 等,含少量 N_2 、 H_2S 等.研究变质流体,对于了解变质过程的物理化学条件、探讨流-岩相互作用、确定变质作用演化的动力学机制,以及阐明变质矿床和变质热液矿床的成因都具有重要的理论和实际意义.

6 与地幔排气过程有关的深部流体体系

地幔物质从地球圈层形成至今,一直在持续不断地将其中所含的不相容组分,包括 CO_2 、 H_2 、 H_2O 、 N_2 、 Cl 、 F 、 CH_4 、 K 、 Na 等向上排出,由此产生的地幔流体,是岩石圈演化过程中一个非常积极的因素.如地幔交代作用,地幔和地壳深部物质的熔融过程,控制麻粒岩相深变质作用的富 CO_2 流体作用,大型剪切带中的深源流体以及地壳浅部许多矿化密集区的起因等等,大都能与这种地幔流体的活动联系在一起.甚至有人认为可能是非生物成因天然气的主要来源(灶乐天, 1995).显然,幔源流体乃是壳幔相互作用过程中最为活跃的因素.许多大型剪切带和其中的剪切带型金矿床以及象白云鄂博 Nb-稀土-铁超大矿床等重要矿床类型都可能在地幔流体的参与.

^①刘建明、刘家军,沉积岩中微细浸染型金矿床的盆地流体成因模式.1996,待发表.

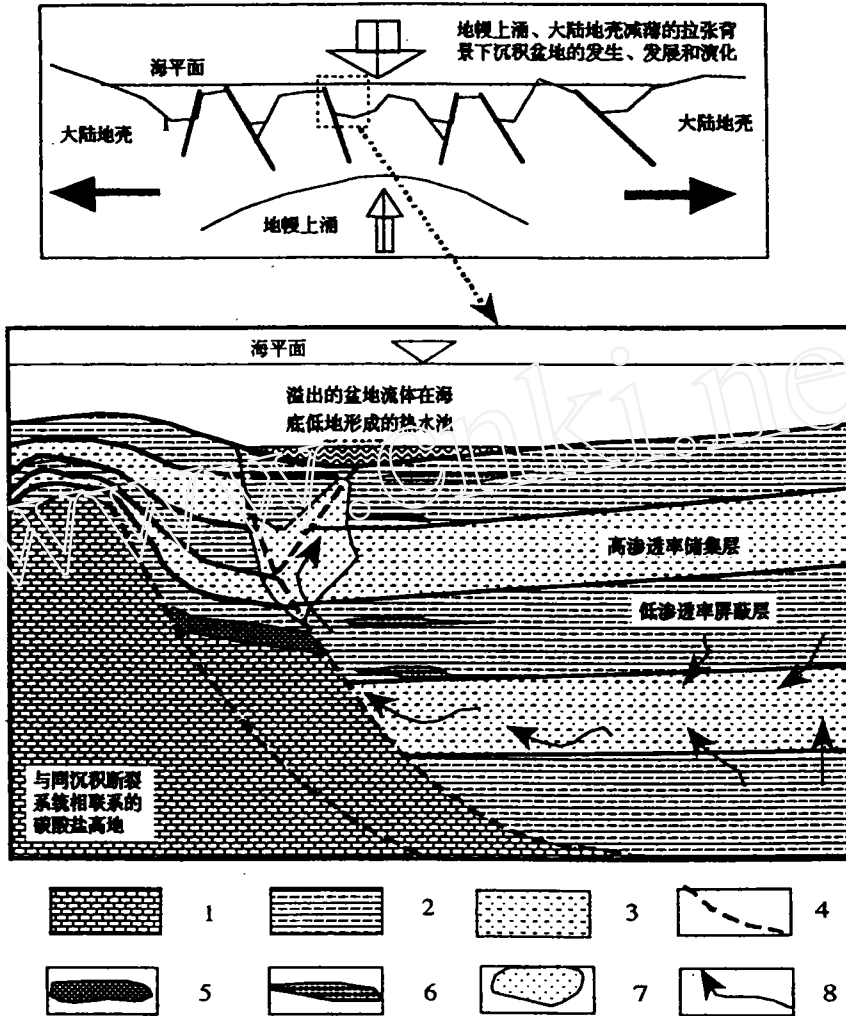


图2 沉积岩中微细浸染型金矿床的盆地流体成因模式

1. 受控于同沉积断裂系统控制的水下碳酸盐高地; 2. 浊积岩系中相对富泥质(低渗透率)的堆积单元; 3. 浊积岩系中相对富砂(高渗透率)的堆积单元; 4. 同沉积断层、断裂; 5. 直接就位于水下碳酸盐高地上的硅质岩-硅质角砾岩型矿化(如戈塘、高龙等矿床); 6. 产在水下高地外侧或上部的、具同生沉积特征的层状矿化(如板其、金牙、明山、东北寨、桥桥上、马脑壳等); 7. 具明显后生热液成矿特征的不整合型矿化(如丫他、烂泥沟、紫木凶、百地等); 8. 盆地流体的运移路线。

7 与大型剪切带的发生演化有关的流体体系

地壳中引人注目的大型剪切带乃是地壳的高度活动带、能量汇聚带、高渗透区和流体

汇集区.大型剪切带的逆冲、推覆和走滑活动与流体反应相互促进,其发生发展的全过程中始终有着不同来源的地质流体的积极参与.根据现有资料,从深部往浅部可能有四种来源的流体的进入和活动:(1)大型剪切带在其宽阔的、韧性的根部广泛聚集深源(幔源)富 CO_2 的流体;(2)在深源流体参与下的区域变质脱水—脱气作用产生的流体也将向剪切带汇集;(3)沿大型剪切带上侵的花岗质岩浆也可能提供部分岩浆成因的流体;(4)上述三种作用构成的局部或区域热梯度将驱动地壳流体发生热对流,在浅部带将有下渗大气降水的加入.这些流体的活动在变形岩石体积(质量)损失与增益、质量传输、物理机械变形、变质分异以及有关的热液蚀变和矿化富集等方面都起着极其重要的作用.尤其是近年很热的剪切带型金矿床,一般认为是流体聚集在其韧性—脆性过渡地段而形成的.

8 结语

热液矿床乃是地壳流体活动最为直接、也是最为重要的产物之一.成矿地质流体体系在时间—空间演化的动力学轨迹实际上就是热液矿床的相继定位以及有关的矿床系列不断被完成的过程,这也就是我们所要认识的、矿床在时间和空间上的成矿规律,包括矿床的内部结构、矿床组合和矿床系列、成矿时代、矿床的区域分布、矿床密集区和成矿区带等等.当然,实际情况更复杂得多.首先,同一类流体体系可能涉及到不同来源的流体,而不同的流体体系又往往含有同一来源的流体.如变质流体体系和剪切带流体体系在深部都有幔源流体的活动,而在浅部又都可能都有下渗地表水的参与,在中部则都有变质岩石经脱水—脱气排出的流体.又如在许多流体体系的浅部都有下渗大气降水的加入,包括大陆岩浆热事件有关的流体体系、盆地流体体系、变质流体体系和剪切带流体体系.其次是各种地质热事件的相互迭加以及不同地质流体体系的相互迭加,如岩浆热事件对盆地流体体系,对变质流体体系、对剪切带流体体系的影响等等.尽管如此,仍然可以预言,以地质流体活动为主线来探讨岩石圈物质—能量分布和迁移的机理、从流体作用的角度来重新考察并重新认识各种成矿地质作用过程,通过研究流体体系的行为及其与固体岩石的耦合机制来理解有关矿石和岩石的形成机制、力图从流体体系的时间—空间演化的动力学轨迹来阐明有关矿床的成矿规律,必将是热液矿床研究的发展趋势.

ORE-FORMING FLUID SYSTEMS IN CRUST

Liu Jianming Chu Xuelei Liu Wei Sun Shihua Chang Xu

(Research Center of Mineral Resources Exploration, CAS, 100101 Beijing, P.O.Box 9701)

Abstract

Research on geofluids in crust is one of the important frontal subjects in geosciences. In the present paper, ore-forming geofluids in crust were classified into six fluid systems:

1. ore-forming fluid-system in connection with acid-intermediate magmatic activity in continental crust;
2. ore-forming fluid-system in connection with submarine basic magmatic activity;
3. basin fluid system in connection with sedimentary basin evolution;
4. metamorphic fluid system in connection with regional metamorphism;
5. mantle fluid system produced by mantle degassing;
6. ore-forming fluid-system in connection with large shear zone.

The occurrence, evolution, main features, and ore-forming processes of each fluid systems were briefly discussed.

Key words Geofluid Fluid System Hydrothermal Ore-Forming