

石英脉型金矿床的成矿流体研究及思考

谭文娟 魏俊浩 郭大招 谭 俊

(中国地质大学资源学院 湖北 武汉 430074)

摘 要 :石英脉型金矿是常见的金矿床类型。金主要以粒间金、裂隙金和包裹金 3 种形式赋存于石英、黄铁矿等金属硫化物中。目前了解此类金矿的成矿流体组成主要是通过石英中的流体包裹体成分的定量和定性分析结果,揭示矿床成因。但是野外和室内镜下的综合研究已证实,金矿的形成经历了若干个成矿阶段。每个阶段都有石英和金属硫化物形成,而石英要明显早于金属硫化物的结晶,同时金在硫化物中的存在形式多为包裹金和裂隙金,这至少说明金和硫化物同时结晶沉淀或金比硫化物更晚沉淀。因此,金运移沉淀结晶时的流体和石英结晶时的流体存在着明显的时间差,金矿化与黄铁矿等金属硫化物有着密切的联系。研究金属硫化物中的流体包裹体来反映主成矿阶段的成矿流体物质来源,比研究石英中的流体包裹体更具有实际的意义。

关键词 :石英脉型金矿 ;成矿流体 ;流体包裹体 ;围岩蚀变

目前,对成矿流体的研究主要有两个方面,一方面是测试分析流体包裹体,因为流体包裹体是成矿流体样品的代表,被形象地称为成矿溶液的“化石”,不仅能确定成矿过程的物理化学条件,同时也是查明成矿流体成分、性质、来源的重要依据。流体包裹体的热力学、光化学和地球化学性质的研究,不仅为金属矿床的形成提供了成矿流体的研究证据^[1~4],而且已经逐渐运用到各种成矿流体的成矿机制研究中,如含油气沉积盆地流体包裹体的应用^[5,6],海底热液中流体包裹体研究^[7],地幔捕虏体中流体包裹体的研究^[8],以此讨论地幔流体作用等。另一方面则是研究围岩蚀变,因为围岩蚀变是热液矿床中的一种普遍现象,与成矿作用有着非常密切的关系。它是成矿流体与容矿围岩相互作用的最终结果,在微观上表现为元素的带入和带出,宏观上表现为容矿围岩的颜色、矿物成分的变化^[9]。因此,对于矿床中国岩蚀变的研究主要揭示成矿流体中的元素在矿化过程中的迁移规律^[10~13]。

本文将从分析流体包裹体角度讨论石英脉型金矿在主成矿阶段的成矿流体研究中所存在的一些思考问题。

1 石英脉型金矿床的一般特征

本类金矿床在华北地台周边产出十分普遍,主要的金矿集中在胶东地区、小秦岭地区、张家口地区、冀东地区、辽东地区、夹皮沟地区和赤峰地区等。

石英脉型金矿床的含金地质体是石英脉。虽然在各个具体的矿床中,含金石英脉的规模、产状以及形态等各不相同,但总的看来,此类型金矿床具有一些共同的地质特征。脉体的长度从数米到上千米,宽度从十余厘米至数十米。而且含金石英脉

的产出受断裂、褶皱以及剪切带构造的控制,分布一般不超出控矿构造界面^[14,15]。含金石英脉在走向、倾向上常有分支、复合、膨胀、收缩、平行或雁行排列等特征现象,尖灭再现也很常见。矿体的形态多呈透镜状、脉状和似层状,而且矿体常有侧伏现象,与围岩之间具有明显的界线。通常有与主脉相交的支脉,这些支脉往往与主脉共同构成工业矿体^[16~22]。

本类矿床中金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿及少量的镜铁矿、白铅矿、钼铅矿、白钨矿、黑钨矿、毒砂等;脉石矿物通常是石英、长石(钾长石、斜长石等)、白云石、绢云母、绿泥石、方解石、重晶石等;含金矿物为自然金、银金矿、金银矿及碲金矿等。

石英脉型金矿床的成矿多者可分为 4~6 个成矿阶段,但总体可归纳为 3 个成矿阶段:(1) 石英-低硫化物阶段,此阶段形成的石英构成含金石英脉的主体(大约 95%)。石英通常为白色致密状或粗粒状,与之共生的黄铁矿晶形较好,粒度大,但是含金很低。而且此阶段形成的石英常常被后期构造破坏成碎裂状或角砾状,成为后期矿化的容矿空间。(2) 石英-多金属硫化物阶段,大量自然金生成,为主要成矿阶段,此阶段石英呈烟灰色或暗灰色,与主要硫化物矿物黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等共生,呈细脉状、透镜状或晶簇状,而与之共生的黄铁矿等金属硫化物多呈他形粒状或浸染状,其集合体多为细脉状或团块状。(3) 碳酸盐-石英阶段,为晚期石英、方解石形成阶段,石英为乳白色,透明度较高,呈脉状或透镜状产出,局部有少量金属硫化物及自然金形成^[19,23~26]。

石英脉型金矿床中,伴随金矿化发育的围岩蚀变类型^[27]主要有硅化,它造成岩石中石英含量增大或单独形成石英细脉;黄

收稿日期 2005 - 01 - 17. 李兰英编辑。

基金项目 :中国黄金集团公司研究项目资助。

铁矿化与金矿化关系密切,在大多数石英脉型金矿床中普遍存在,随着与石英脉的距离增大,黄铁矿化强度变弱;绢英岩化主要分布于含金石英脉两侧,与断裂裂隙关系密切,绢英岩化带一般宽数十厘米至数十米不等,造成围岩颜色变浅、石英含量增加;碳酸盐化往往发生于矿化作用后期,常可见到方解石脉切穿其他蚀变矿物及脉体,并有交代溶蚀石英、绢云母等现象。其次还有绢云母化、绿泥石化、黏土化等^[18,19,24]。

2 金矿物的赋存状态

石英脉型金矿床中的金矿物主要为自然金和银金矿,金矿物在矿石中的赋存形式主要为粒间金、裂隙金和包裹金^[18,19,24],其中粒间金、裂隙金占到80%以上。粒间金存在于石英、黄铁矿等矿物颗粒的间隙中或边缘部位,在石英颗粒间者粒度要大一些,多为明金。粒间金的形状随其充填空间的形态变化而变化,常见粒状、勺状、叶片状等;裂隙金一般呈微细脉状、树枝状或片状、粒状,沿碎裂石英、硫化物等矿物的裂隙、纹理或孔洞分布,粒度一般较粗大;包裹金多包含在黄铁矿等金属硫化物及脉石矿物中,呈近圆、椭圆、楔形等粒状^[29,31]。

这里要指出,石英和黄铁矿是此类金矿床中最丰富的矿物,也是主要的载金矿物。金通常以裂隙金充填在石英的小裂隙和破碎带中,而在黄铁矿中则多以粒间金和包裹金为主。

3 流体包裹体研究

在石英脉型金矿床中,石英是主要的非金属矿物和载金矿物,也是成矿流体成分研究的首选矿物^[32~34]。一般地,流体包裹体的地球化学测定参数包括包裹体特征、均一温度(T_h)、爆裂温度(T_d)、冷冻温度、盐度、压力、密度、流体气液相成分、流体的氧逸度(f_{O_2})、硫逸度(f_{S_2})以及流体的酸碱性(pH)、氧化还原电位值(E_h)。

将野外采集的手标本,根据需要分别磨制成薄片和测温片。在进行包裹体测试之前要进行详细的岩相学研究,确定包裹体的大小、类型以及所包含的成分特征,以便测试数据能准确地反映成矿过程中物理化学条件和成矿流体特征。

目前,流体包裹体的测温工作通常使用英国产 Linkam THMS 600 冷热台(测温范围-180~+600℃、法国产 Chaixmeca 冷热台(测温范围-180~+600℃)或美国 USGS 冷热台测定流体包裹体的相变温度^[35~37],主要是均一温度、爆裂温度和冷冻温度。在冷热台上对包裹体加热到某一温度时,包裹体中的成分可以恢复到形成时的均一相,此时的温度称为均一温度,但是它往往不是矿物生成的真实温度,而是矿物形成温度的最低值。如果温度小于300℃,压力不大时,压力变化对温度影响不大,此时可将均一温度看作形成温度的近似值。随温度升高,压力变化对温度影响越来越大,所以需要进行压力校正^[35,38,39]。根据液态包裹体冻结后缓慢升温,最后一块冰晶消失的温度可以求得冰点,利用冰点与盐度关系得到溶液盐度。在已知流体包裹体的均一温度、盐度及包裹体的均一途径,可根据温度-盐度-密度关系图求解出成矿流体密度值^[40]。由测定的流体盐度、

密度值可以绘制等值线图,不仅能大致确定区内成矿流体运移方向,同时能指示盲矿体的位置;根据均一温度、流体盐度以及估计的成矿压力,进而换算成矿深度。

流体包裹体的成分通常采用热爆超声波方法提取,其中包裹体的气相组份用气相色谱仪分析,液相组份中阳离子用原子吸收光谱进行分析,阴离子则使用分光光度计进行测定。大量的测试资料结果表明^[41~47],石英脉型金矿床流体包裹体的成分中,气相成分以 H_2O 和 CO_2 为主,并含有 CO 、 CH_4 、 H_2 等气体;液相组份中阳离子主要是 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,阴离子以 F^- 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 为主。只是在每个具体的矿床中这些成分的含量有所不同,但是一般情况下都以这些成分为主。

另外,流体包裹体所测定的逸度是指某一气体组份在混合气体中的有效分压,它可以反映流体所处的氧化-还原环境,通常多是氧逸度与硫逸度值的计算。对于氧逸度(f_{O_2}),通过各种气体或水溶气体在某一温度条件下抵达化学平衡,列出化学反应式来计算;而硫逸度(f_{S_2})的确定一般是借助矿物共生组合构筑 $f_{S_2}-f_{O_2}$ 逸度图进行图解或从化学反应式中求解出 f_{S_2} 值^[48]。pH值一般有两种方法确定,一是pH计直接测定矿物包裹体中酸碱性,二是直接或间接利用与 H^+ 有关的化学反应中矿物包裹体成分并结合矿物热力学计算获得,由于成矿溶液的pH值很难直接测定,多数情况下采用计算的方法^[49]。 E_h 代表成矿溶液的氧化-还原电位,表示成矿流体的氧化还原性质,其高低不仅与pH值有关,也与封闭体系中各项化学反应有关,因此也多采用化学反应式计算求得。

4 成矿流体的研究讨论

矿化过程实质上就是伴随物理化学变化,成矿流体中的有用组份发生迁移、富集的过程。温度、压力、溶液及其酸碱性、氧化还原电位影响流体的运移。通过流体包裹体地球化学参数的测定与计算,即可反映成矿物理化学条件和成矿流体特征的信息,这些信息又为进一步研究成矿作用机制提供依据。

事实上,在矿床成矿过程中,流体活动大多是多期次的。流体包裹体能否代表成矿流体,而且真实地反映成矿流体的性质,关键取决于其捕获的时间是否在成矿期,更确切地说被研究的成矿流体是否是成矿元素的直接运载体。因此在用流体包裹体研究成矿流体时,首先要保证测定的是成矿期捕获的流体包裹体,这样得到的才是成矿流体的信息。

一般情况下,虽然石英脉型金矿在成矿过程中石英与黄铁矿等金属硫化物的生成具有多期次,但是根据野外和室内镜下综合研究已经证实,在主成矿阶段,石英要明显早于金属硫化物结晶或沉淀。另外金在硫化物中的存在形式,如前所述,也说明金和硫化物同时结晶沉淀或比硫化物更晚。黄铁矿是此类型金矿中仅次于石英的第二种最丰富的矿物,金可以存在于黄铁矿的晶格中。这样的赋存状态可能是由于金对硫有一定亲和力,置换到黄铁矿里铁的位置;还有可能是由于黄铁矿和金在脉内同时沉淀时发生的一定外延生长关系,即自然金和黄铁矿具有共结晶作用。另外前面已阐述过金存在于石英和黄铁矿的微裂

隙中(裂隙金)是金的一种主要赋存状态,这又说明金的沉淀要明显晚于黄铁矿,且更晚于石英。

因此,对于石英脉型金矿中的石英流体包裹体的研究存在一些值得思考的问题。因为石英中的流体包裹体并不能很接近地代表主成矿阶段金成矿的流体特征。硅化往往是多期的,但是从金的活化、迁移观点考虑,金矿主要与中晚期硅化有关。在主成矿阶段,以黄铁矿为主的金属硫化物呈团块状不均匀地分布于石英脉中,金一般又赋存在黄铁矿和石英的微裂隙中,部分以黄铁矿中的包裹金形式存在。因此,黄铁矿与金的结晶都晚于石英。所以,和石英相比,黄铁矿(或其他一些金属硫化物)中的流体包裹体应该是更能反映金在主矿化阶段的成矿流体的特征,而且金伴随黄铁矿沉淀而富集的现象是所有原生金矿共同具有的普遍规律,该规律已经被实验所证实^[50,51]。但是目前对于各个金矿床的成因及成矿条件的研究却主要以石英中的流体包裹体为主,来确定矿床成矿的温度、压力及成矿流体成分。其原因之一是石英中的包裹体量大、个体大,各矿化阶段特征不一样,易于观察,但更重要的是由于流体包裹体测试分析技术的限制,目前的包裹体温度的测定、成分的提取主要是采用均一法和爆裂法,如果对于黄铁矿中的流体包裹体进行加热升温,会有SO₂逸出,势必影响包裹体成分的分析结果。对于石英中流体包裹体反映成矿流体成分的气、液相组分来说,综合一些研究测试结果,一般都是以前述的成分为主,只是量上的差别,没有本质区别。因此在金成矿过程中的时差问题,应该引起重视。随着测试技术的不断进展,运用单个流体包裹体无损伤的测试方法,对黄铁矿等金属硫化物中的流体包裹体进行分析,或许会对石英脉型金矿床成矿流体的研究起到重要的促进作用。

5 成矿流体研究趋势

近年来,单个流体包裹体成分分析方法与技术的迅速发展对成矿流体的研究带来重大意义,同时也是成矿流体今后的研究发展趋势^[53,56]。如激光拉曼微探针(LRM)是当代流体包裹体研究中重要进展,它能研究不小于3 μm的小包裹体,可提供大量定性-半定量资料,对H₂、CO₂、CH₄、N₂等多原子气体可提供定量数据,且为无损分析^[57]。另外,激光熔融电感耦合等离子体光谱分析,即LA-ICPMS,该方法获得数据快捷,样品制备简单,其高灵敏度为很多主元素和微量元素提供了低检测限,正在并将要持续为地球化学应用提供新的信息^[58,59]。

在进一步改进和完善流体包裹体的测试分析技术的同时,对于所得到的资料,结合局部地质热异常,恢复、再造和反演古流体系统,进而查明成矿流体运移演化过程,然后根据流体的运移演化与成矿的关系,确定成矿过程,这将成为研究流体的应用方向之一^[60,61]。

成矿流体的计算机模拟也是流体今后的研究趋势。因为诸如地幔流体、变质流体和海底热液的实验方法受客观条件的限制,实验所获得的数据非常有限,甚至无法实现。而计算机模拟的优点是能够完成实验室很难或不可能进行的研究,提供实验很难观察测量的微观信息。目前,计算机在成矿流体热质运输、

成矿流体物质迁移数值模拟及流体输运-化学反应偶合动力学研究等方面正发挥积极的作用。

参考文献:

- [1] 李荫清. 吉林海沟金矿床成矿流体的地球化学特征[J]. 地质学报, 1994, 68(1): 48—61.
- [2] 卢焕章, Guha J, 方根保. 山东玲珑金矿的成矿流体特征[J]. 地球化学, 1999, 28(5): 421—437.
- [3] 芮宗瑶, 李荫清, 王龙生, 等. 从流体包裹体研究金属矿床成矿条件[J]. 矿床地质, 2003, 22(1): 13—23.
- [4] 路远发, 陈开旭, 黄惠兰. 云南羊拉地区不同类型铜矿床流体包裹体研究[J]. 地质科技情报, 2004, 23(2): 13—20.
- [5] 孙樯, 谢鸿森, 郭捷, 等. 含油气沉积盆地流体包裹体及应用[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(1): 42—45.
- [6] 高先志, 陈发景. 应用流体包裹体研究油气成藏期次[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 548—554.
- [7] 于增慧, 翟世奎. 海底热液沉积物中流体包裹体的研究进展[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(1): 93—96.
- [8] 刘丛强, 苏根利, 李和平, 等. 地幔流体作用——地幔捕虏体中流体包裹体的研究[J]. 地学前缘, 2001, 8(3): 83—93.
- [9] 魏俊浩, 刘丛强, 丁振举. 热液型金矿床围岩蚀变过程中元素迁移规律——以张家口地区东坪、后沟、水晶屯金矿为例[J]. 矿物学报, 2000, (2): 200—206.
- [10] Wagner T, Jochum J. Fluid-rock interaction processes related to hydrothermal vein-type mineralization in the siegerland district, Germany: implications from inorganic and organic alteration patterns[J]. Applied Geochemistry, 2002, 17: 225—243.
- [11] Uemoto T, Ridley J, Mikucki E, et al. Fluid chemical evolution as a factor in controlling the distribution of gold at the Archean Golden Crown Lode Gold Deposit, Murchison Province, Western Australia[J]. Economic Geology, 2002, 97: 1227—1248.
- [12] 凌洪飞, 胡受奚, 孙景贵, 等. 胶东金青顶和大尹格庄金矿床花岗质围岩的蚀变地球化学研究[J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 187—199.
- [13] 杨再红. 河北东坪金矿床围岩蚀变与成矿预测[J]. 地质与勘探, 2003, 39(2): 34—39.
- [14] 冯亚民, 孙忠实. 吉林夹皮沟金矿带控矿构造及演化模式[J]. 黄金, 1999, 20(11): 4—8.
- [15] 白万成, 卿敏. 小秦岭金矿田构造演化与金矿成矿作用[J]. 黄金地质, 2000, 6(2): 1—8.
- [16] 秦大军, 蔡新平, 王杰, 等. 冀东金厂峪特大型金矿床的地质地球化学特征和矿床成因[J]. 地质与勘探, 1997, 33(5): 4—9.
- [17] 邵军. 中国石英脉型金矿床地质特征[J]. 贵金属地质, 1998, 7(3): 172—179.
- [18] 张春雷. 内蒙古赛乌素金矿成矿地质特征及其找矿方向[J]. 黄金, 1999, 20(10): 8—12.
- [19] 周斌, 王旭东, 姜建军. 吉林省大阳岔金矿床地质特征及成因探讨[J]. 吉林地质, 1999, 18(3): 54—60.
- [20] 李世华, 齐金忠. 河南公峪石英脉型金矿地质特征及应力场分析[J]. 黄金地质, 2000, 6(2): 26—30.
- [21] 冯建忠, 汪东波, 邵世才, 等. 西秦岭小沟里石英脉型金矿床成矿地质特征及成因[J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 159—167.

- [22] 申玉科,徐增田,左文喆. 山东玲珑矿田九曲矿段地质特征及找矿预测[J]. 黄金地质, 2003, 9(1): 16—19.
- [23] 胡正国,钱壮志. 陕西潼峪金矿床的形成机理[J]. 地质学报, 1990, 64(2): 144—156.
- [24] 王可勇,梁毓鏊,卢作祥. 江西金山金矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质与勘探, 1999, 35(2): 17—20.
- [25] 江永宏,李胜荣,王吉中. 云南墨江金厂金矿床黄铁矿标型特征研究[J]. 矿物岩石, 2003, 22(2): 22—26.
- [26] Hagemann S G, Luders V. *P-T-X* conditions of hydrothermal fluids and precipitation mechanism of stibnite-gold mineralization at the Wiluna lode-gold deposit, Western Australia: conventional and infrared microthermometric constraints[J]. Mineralium Deposita, 2003, 38(8): 936—952.
- [27] Ropchan J R, Luinstra B, Fowler A D, et al. Host-rock and structural controls on the nature and timing of gold mineralization at the Holloway Mine, Abitibi Subprovince, Ontario[J]. Economic Geology, 2002, 97: 291—309.
- [28] Christie A B, Brathwaite R L. Hydrothermal alteration in metasedimentary rock-hosted orogenic gold deposits, Reefton goldfield, South Island, New Zealand[J]. Mineralium Deposita, 2003, 38: 87—107.
- [29] 刘英俊,马东升. 金的地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [30] 蔡长金,陆容军,宋湘荣. 中国金矿物志[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994.
- [31] 刘瑞,王炳恩,王志华,等. 河南文峪金矿主要载金矿物特征及其在找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 1997, 33(3): 33—35.
- [32] 王鹤年,汪熠. 山东焦家金矿床的成因探讨[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 250—257.
- [33] 沙德铭. 西天山阿希金矿流体包裹体研究[J]. 贵金属地质, 1998, 7(3): 180—188.
- [34] Poutiainen M, Partamies S. Fluid evolution of the late Archaean Ramepuro gold deposit in the Uomantsi greenstone belt in eastern Finland[J]. Mineralium Deposita, 2003, 38: 196—207.
- [35] 陈银汉. 矿物包裹体地球化学[M]. 河北地质学院, 1981.
- [36] Blewett R S, Huston D L, Mernagh T P, et al. The diverse structure of Archean lode gold deposits of the Southwest Mosquito Creek Belt, East Pilbara Craton, Western Australia[J]. Economic Geology, 2002, 97: 787—800.
- [37] Huston D L, Blewett R S, Keillor B, et al. Lode gold and epithermal deposits of the Mallina Basin, North Pilbara Terrain, Western Australia[J]. Economic Geology, 2002, 97: 801—818.
- [38] 刘斌,沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [39] 康学勇. 小秦岭金洞岔金矿床的形成条件与成矿机制研究[J]. 黄金, 1999, 20(7): 1—5.
- [40] 谢桂青,胡瑞忠,倪培,等. 云南墨江金矿床含金石英脉中流体包裹体的地球化学特征及其意义[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 613—618.
- [41] 毕献武,胡瑞忠. 墨江金矿成矿流体的形成演化机制[J]. 地质论评, 1997, 43(4): 381—387.
- [42] 廖启林,戴塔根,邓吉牛,等. 新疆北部主要金矿床的成矿地球化学特征[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 297—306.
- [43] Brathwaite R L, Faure K. The Waihi epithermal gold-silver-base metal sulfide-quartz vein system, New Zealand: temperature and salinity controls on electrum and sulfide deposition[J]. Economic Geology, 2002, 97: 269—290.
- [44] 曾键年,林卫兵,范永香. 江西金山金矿床成矿地球化学特征[J]. 地质地球化学, 2002, 30(4): 26—33.
- [45] 薛传东,刘星,谈树成,等. 云南老王寨金矿床主要矿物的标型特征[J]. 矿物岩石, 2002, 22(3): 10—16.
- [46] 齐金忠,袁士松,李莉,等. 甘肃省文县阳山金矿床地质地球化学研究[J]. 矿床地质, 2003, 22(1): 24—31.
- [47] 王志良,毛景文,吴淦国,等. 新疆东天山垅西金矿床地质和地球化学特征[J]. 矿床地质, 2003, 22(2): 208—215.
- [48] 庞庆勋,裴愉卓. 辽宁二道沟金矿床成矿地球化学条件研究[J]. 地质地球化学, 1996, 24(4): 25—29.
- [49] 徐文忻,陈民扬,喻铁阶,等. 矿物包裹体成分数据的热力学计算方法及应用[J]. 矿产地质研究院学报, 1985, (1): 35—50.
- [50] Widler A M, Seward T M. The adsorption of gold (I) hydrosulphide complexes by iron sulphide surfaces[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2002, 66: 383—402.
- [51] 李强之,陈衍景,徐登科,等. 内蒙古哈达门沟金矿床单矿物金浸出实验研究及其地质意义[J]. 矿床地质, 2003, 22(3): 271—277.
- [52] 何知礼,杜加峰. 流体包裹体研究的某些进展与发展趋势[J]. 地学前缘, 1996, 3(4): 306—312.
- [53] 卢焕章,郭迪江. 流体包裹体研究的进展和方向[J]. 地质论评, 2000, 46(4): 385—391.
- [54] 胡圣虹,胡兆初,刘勇胜,等. 单个流体包裹体元素化学组成分析新技术[J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 434—440.
- [55] Menez B, Philippot P, Mosbah M B, et al. Analysis of individual fluid inclusions using synchrotron X-Ray fluorescence microprobe: progress toward calibration for trace elements[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2002, 66: 561—576.
- [56] Kurosawa M, Shimano S, Ishii S, et al. Quantitative trace element analysis of single fluid inclusions by proton-induced X-ray emission (PIXE): Application to fluid inclusions in hydrothermal quartz[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2003, 67: 4337—4352.
- [57] 陈晋阳,郑海飞,曾贻善. 流体包裹体的喇曼光谱分析进展[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21(2): 133—138.
- [58] 王莉娟. 流体包裹体成分分析研究[J]. 地质论评, 1998, 44(5): 496—501.
- [59] Ulrich T. Applications of quantitative single fluid inclusion analysis using laser ablation ICPMS[J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10: 379—393.
- [60] 梁俊红,金成洙,王建国. 成矿流体研究的内容及其进展[J]. 地质找矿论丛, 2001, 16(4): 219—225.
- [61] 张连昌,赵伦山. 成矿流体研究的若干进展与动态[J]. 地质与勘探, 2001, 37(1): 7—10.

(下转第 237 页)

ESTABLISHMENT OF THE SPATIAL DATABASE SYSTEM FOR MINERAL RESERVES OF LIAONING PROVINCE

YE Yu-feng¹, CAI Hong-chun^{2,3}

(1. Liaoning Economic Vocational College, Shenyang 110015, China; 2. Liaoning Bureau of Land and Resources, Shenyang 110032, China; 3. Institute of Earth Science and Technology, Jilin University, Changchun 130065, China)

Abstract: The spatial database system for mineral reserves of Liaoning Province is established on the basis of MapGIS and Micromine. It visualizes the distribution of ore fields in the province with reserves. This database system connects and shares its data with the existing databases of exploring authority, mining authority and planning. The system can make full use of the reserves data information to improve efficiency of the administration of mineral resources.

Key words: GIS; Micromine; mineral reserves; database system

作者简介:叶玉丰(1966—),男,双学士,讲师,1987年毕业于辽宁省工程技术大学矿山机械专业,1998~2001年在东北大学学习计算机科学与技术,现从事计算机教学及信息系统的应用开发研究,通讯地址 沈阳市沈河区先农坛路13号,辽宁经济职业技术学院沈河校区,邮政编码 110015, E-mail//gtghcx@sina.com

(上接第 230 页)

THE RESEARCH AND UNDERSTANDING ON ORE-FORMING FLUID IN GOLD-BEARING QUARTZ VEIN DEPOSITS

TAN Wen-juan, WEI Jun-hao, GUO Da-zhao, TAN Jun

(The Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Gold-bearing quartz vein type is common in gold deposits. In this type, gold occurs mainly in quartz, pyrite and other metal sulfides as intergranular gold, fissure-filling gold and wrapped gold. At present, the analytic results from fluid inclusions in quartz are used to understand the composition of ore-forming fluid for this type of deposits. However, it is confirmed by the synthetic studies both in field and laboratory, that the completion of gold deposit covers several ore-forming phases. There are quartz and metal sulfides in each step, and the crystallization of quartz is obviously earlier than that of metal sulfides. What's more, the existing of fissure-filling gold and wrapped gold in metal sulfides also indicates that the gold deposited at the same time as or even later than the sulfides did. Therefore, there is a time interval between the fluids for gold movement, deposition and crystallization and those of quartz veins. Gold mineralization is closely related to metal sulfides. The researches on the fluid inclusions in metal sulfides from gold-bearing quartz vein deposits are more meaningful to realize the origin of ore-forming matters during the main ore-forming step than on the fluid inclusions in the quartz veins.

Key words: gold-bearing quartz vein type of deposit; ore-forming fluid; fluid inclusion; wall rock alteration

作者简介:谭文娟(1980—),女,硕士研究生,矿产勘查学与矿体地球化学专业,通讯地址 湖北武汉 中国地质大学研究生院 1200305 信箱,邮政编码 430074, E-mail//Tanwenjuan2003@sohu.com