

阜山金矿区构造变形岩相特征与成矿 流体构造物理化学特征研究*

吕古贤 郭 涛

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京)

提 要: 该文在构造动力成岩成矿思路的指导下, 通过构造变形岩相形迹填图区分不同的岩石构造单元, 并在此基础上研究不同构造岩带的流体特征, 进行物理化学分析及流体参量填图, 试图建立阜山金矿床成矿的构造物理化学模型。

关键词: 构造变形岩相形迹填图 物理化学分析及流体参量填图 阜山金矿床

长期研究业已证实, 构造与成岩成矿、岩石形变相变密切相关。然而构造差应力怎样在成岩成矿及变质相变过程中影响化学平衡参数尚未完全解决。构造物理化学对于这个问题提出了新的思路。它用变形岩相形迹的方法把构造变质岩性单元相区分开来, 从其它岩性单元中区分开来; 通过研究构造影响温压等物理化学条件从而控制地球化学过程的思路及技术路线, 来解决构造变质的动力学机制问题, 试图建立和完善构造物理化学研究成岩成矿的地质理论方法。本文以阜山金矿床为例, 对成矿流体物理化学特征进行详细剖析。

1 阜山金矿床地质特征

阜山金矿位于玲珑矿田北东部, 处于滦家河型花岗岩体的外接触带, 赋矿围岩主要是玲珑型花岗岩和零星分布的郭家岭花岗岩和胶东群变质岩。矿化受多组断裂系统控制, 断裂的长期活动以及相互间复合交接是该区主要的构造特色。

2 阜山金矿床构造变形岩相形迹大比例尺填图

在 1:2000 地质图基础上, 对阜山矿区及其外围开展了构造变形岩相形迹实测填图。把花岗岩似片麻理和蚀变岩构造叶理等作为主要填图对象。

研究表明 (图 1), 花岗岩似片麻理主要通过黑云母、角闪石及大量呈塑性流动状石英表现出来。总体构造方向为 NW300° 左右, 倾向倾角变化较大, 与基底变质岩展布特征较为吻合。岩石有限应变测量结果表明, 矿区花岗岩成岩期主要受 NNE 方向主压应力影响, 岩石应变量大。而蚀变成矿期的叶理构造, 受同期构造作用影响, 总体呈走向 NNE10°~30° 方向, 倾向 SE 者为主, 中等偏小倾角 20°~50°。在宏观上出现由主断裂面压剪构造带到下盘剪张构造带, 依次出现碎裂岩带、蚀变岩叶理带向似片麻理花岗岩渐变过渡的现象。与此对应出现蚀变岩型矿化、过渡型矿化及石英脉型矿化。

* 国家计委国土地区司科技找矿项目胶东课题 (JG947110-2) 资助

吕古贤, 男, 1949 年生, 研究员, 从事矿田构造及构造物理化学研究。邮政编码: 100081

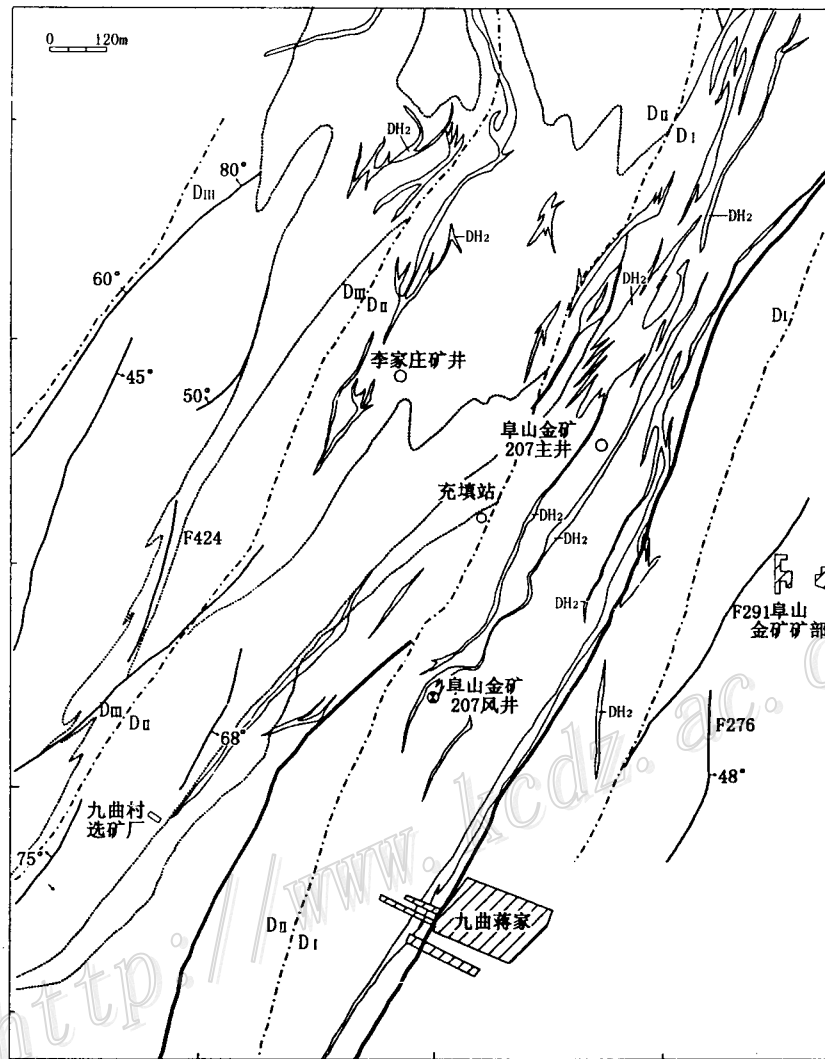


图 1 阜山金矿构造变形岩相形迹地质图

根据花岗岩片麻理和构造叶理发育情况, 将矿床初步划分出几个不同构造变形岩相带, 它们不规则分布控制了矿化的不均一性。从图 1 中可以看出, 构造变形蚀变岩相带总体呈 NNE-NE 向延伸, 局部出现分支复合现象。矿区北部蚀变岩较为发育, 也是主要工业矿脉的赋存地带。而玲珑黑云母花岗岩出现地区, 仅发育有部分石英硫化物脉。

填图结果初步反映出该区构造变形岩相特征既与东部滦家河型张裂侵位状花岗岩, 特别是郭家岭强变形压剪状花岗闪长岩体侵位有关, 同时也受该区强烈的 NNE 走向的岩浆期后的构造变形蚀变作用影响。这些认识得到该区磁组构研究的支持。

3 构造变形岩相带的应力特征分析

根据阜山金矿床古应力分析及对成矿期 $(100 \sim 70) \times 10^6$ a 应力状态模拟表明: 主应力

方向、能量场等值线方向等与主构造线 NNE 向一致。成矿期前,控矿断裂带处于高应力、高能量区,断裂系数偏高,岩石易于发生破碎。而成矿期断裂带为低应力、低能量区,成矿流体有从高应力、高能量区流向低应力、低能量区的趋势,易于发生成矿物质的络解及沉淀成矿。矿床内成矿期应力剖面显示,靠近断裂带下盘为低应力区,向蚀变带外侧应力逐渐变大;而断裂带上盘,应力梯度较大。综合考虑静水压力,应力、能量具有蚀变带中间低,两边高,深部较高,浅部较低的特点。

4 构造作用下成矿流体的物理化学状态

4.1 成矿流体温压特征

阜山金矿主要成矿阶段石英的均一温度为 $220\sim 275\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其次是 $300\sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, 为中高温热液;压力总体可分成 3 个阶段:介于 $100\sim 20\text{ MPa}$ 之间;流体盐度区间较小,一般为 $1.3\%\sim 5.5\%\text{ NaCl}$;流体总密度为: $0.656\sim 0.919\text{ g/cm}^3$, CO_2 相的密度为 $0.562\sim 0.652\text{ g/cm}^3$ 。阜山金矿区 pH 值变化范围为 $6.04\sim 8.58$, 平均 7.10, 明显属弱碱性成矿流体, Eh 为 $-0.69\sim -0.92$, 应为弱还原性质。流体中氧逸度变化不大, 主要范围为 $-30.92\sim -36.48$, 为弱还原环境;流体中 CO_2 分压大, 对成矿有利。

4.2 流体成矿参量的构造物理化学变异

通过对阜山金矿及其外围矿区成矿流体参量研究发现,在不同构造部位,流体的物理化学特征表现出有规律的变化特征。

(1) 扭压-剪切变形带 pH 值较小,溶液酸性较强,还原性较大,氧化还原电位偏低;而引张变形带则恰好相反。

(2) 气体逸度在中高温时,在不同构造带差别不是很大,较均匀分布;而在中低温时,不同蚀变构造带差别较大,剪压带逸度偏低,硫逸度偏高,而扭张带氧逸度高而硫逸度低。

(3) 从组分含量与活动变化来看, K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 的含量在挤压成矿部位偏低,在中低温条件下与引张部位的差别显著增大,分析其活度发现, Na^+ 和 Cl^- 活度变化幅度较小, K^+ 和 F^- 较大。而且 K^+ 和 Na^+ 的变化相反, K^+ 活度在引张部位偏高, Na^+ 在挤压成矿部位较高。

4.3 流体构造物理化学场研究性填图

菲力普斯很早就指出,成矿受物理化学条件所控制,而与沉淀场所可能关系不大。因此,在变形岩相形迹填图研究的基础上,运用流体参数进行构造物理化学场研究具有更为现实的意义。然而,利用何种参数或标志也是一个值得探讨的问题。

在大比例尺情况下,确定流体性质及其来源的较好办法是检测其主要组分,虽然这种方法也存在弱点。通过测算分析阜山金矿 2 km^2 内的矿化流体成分和相应物理化学参量,初步开展流体构造物理化学场研究性填图。

(1) 成矿温度场特征:温度分布与应力分布都受 NNE 主构造影响,且从主带向花岗岩(NW 方向)逐步降低,较高温地区多为矿化较富集分布区段。结合矿体分布特征发现:①中高温与钾化、黄铁绢英岩化有关,而低温与成矿后石英碳酸盐化作用有关;②蚀变岩总体显示出强矿化蚀变带、矿带中温度较高,而弱蚀变带中岩石温度较低,表明成矿与深部热

液活动有关;③沿蚀变带走向,矿区北东方向温度总体较南西方向高,代表成矿流体的流向是自北东向南西。

(2)成矿流体盐度分布场特征:流体盐度的分布等值线与矿化强弱分布特征表现相关性更强一些。反映 NNE 向分布等值区盐度最高,而 NE 向盐度等值线分布区稍逊,是否反映早期 NE 向成矿与 NNE 向晚期再次叠加关系,似乎可以考虑。

(3)流体 K^+ 和 Na^+ 的分布场情况: K^+ 和 Na^+ 的含量值分布情况有相反变化特点。总体显示从西部向东部 Na^+/K^+ 比值逐步降低,而在主矿体分布带 Na^+/K^+ 比最低。根据这一点,可以在预测新区出现 Na^+/K^+ 比低值区域进一步开展预测工作。

(4)流体 CO_2 和 H_2O 的分布场特征:围岩流体中 CO_2 含量大小及其与 H_2O 的比值与金矿化有着密切关系。矿液中 CO_2 不仅控制着成矿过程的物理化学条件,而且影响着矿床围岩蚀变及矿质沉淀。研究表明,阜山金矿区岩体附近整体上(NE 和 SW 方向)的 CO_2 及 CO_2/H_2O 含量较高,反映出一种深源的特征,恰好又为无矿化或矿化较弱地段;而在矿区中部近 SN 方向出现一 CO_2/H_2O 的低值带,与矿化富集带大致重合,为流体运移的减压扩容带。从地质学上说,该区成矿期构造为 NNE 向体系,而晚期或后期有一组 SN 向构造叠加切过矿区, CO_2/H_2O 的比值分布还可看出,似乎中部有一组 NE 向高值分布带。

(5)流体 F^- 、 Cl^- 分布场情况:实验证明,溶液中氯含量和金的溶解度呈正相关,而且氯化物浓度愈高,金的活化愈有利。但是在成矿中晚期中低温条件下, pH 值接近中性时,特别是流体中 Cl^- 、 S^{2-} 的比例发生变化,而大量还原硫存在时,金可能以硫氢或硫络合物的形式进行运移,并在适当条件下形成硫化物而沉淀富集。从流体 F^- 、 Cl^- 的分布场来看,两者明显不同。似乎 Cl^- 与 Au^{2+} 在流体中呈络合物迁移的意义更大,表现在它的高值区分布与矿带延伸大体相近,成矿构造带的延伸带可能是流体,特别是 Cl^- 化合物的运移通道。矿区南部是一大片花岗岩分布地带,该带是 Cl^- 的高值分布区,是否为流体源可以考虑。而 F^- 的分布比较明显带有基底的近 EW-NE 向构造控制特征。从 F^-/Cl^- 比的分布比较明确说明基底近 EW 向构造带的对流体场的意义。

(6)流体 CH_4 、CO 和还原系数的分布场状况:流体中甲烷含量分布以 NNE 向矿带为高值中心,逐步向西北部含量降低,说明逸出散发的场源与 NNE 构造活动有关,而且其逸度和 CO 逸度较一致,说明基底反“S”形构造,花岗岩的 NW-SE 片麻理起到重要影响作用。还原系数分布较概括地反映从强还原场区向弱还原或相对氧化场区变化的地带是有利的成矿空间。

(7)流体场分布情况: lgf_{O_2} 和 pH 对蚀变和成矿作用有很大影响。在成矿作用早期,流体酸性较大,硫主要呈气体状态存在;随着流体温度下降以及 pH 升高,矿液中硫离子相对浓度增高,而金由于 f_{S_2} 降低被还原为 Au^0 ,更多的赋存于黄铁矿裂隙、晶隙中。因此,从空间分布来看, pH 值和 lgf_{O_2} 与金矿化密切相关。阜山金矿区氧逸度、pH 值更直接地说明酸碱度对金的成矿具有重要的意义,尤其 pH 值的分布与金矿体的空间位置大体一致,矿化呈北东及近南北向,多出现在中性偏碱性及酸性的过渡带,基本能包含了现有和部分预测矿床的分布空间。