

沂水龙泉站金矿地质地球化学特征与成矿作用分析*

何玲, 杨斌, 陈艳, 高星, 叶珂, 杨东升, 赵燕婷

(中南大学地质与环境工程学院, 湖南长沙 410083)

1 龙泉站金矿地质特征

龙泉站金矿位于沂水县南 12 km 处, 其大地构造位置属沂沭断裂带中段的汞丹山凸起。

区内脆性断裂构造发育, 其中 NNE 向、NE 向断裂最为发育, 次为近 EW 向和近 SN 向。

NNE 向的沂水-汤头断裂为沂沭断裂带的组成断裂之一, 是矿区主干控矿断裂。该断裂也是马站苏村裂陷与汞丹山凸起的分界断裂, 总体倾向 NWW, 倾角 35~56°。主断面下盘岩石中普遍有硅化、绿泥石化、绢云母化等蚀变现象, 在牛家小河村西、龙泉站等地有钾化、黄铁绢英岩化现象, 并有金矿化显示。

矿区广泛出露白垩系马郎沟组紫红色含角砾砂岩和太古宙沂水岩群与新太古宙泰山岩群变质岩系, 变质岩系主要由绿片岩、片麻岩与混合岩构成, 是龙泉站地区金矿主要赋矿围岩。

已发现的金矿体主要产于沂水-汤头断裂蚀变糜棱岩和碎裂岩带内, 矿体主要呈不规则条带状、透镜状产出, 矿化连续性差, 厚度和品位都不稳定。矿石矿物成分较简单, 有用矿物为自然金, 伴生金属矿物主要为黄铁矿, 少量毒砂、黄铜矿和方铅矿, 脉石矿物主要为石英、绿泥石、绢云母、斜长石及重晶石等。龙泉站金矿的形成大致可划分为 3 个成矿阶段, 即金-石英-黄铁矿阶段、金-石英-重晶石-多金属硫化物阶段和碳酸盐化阶段。多金属硫化物富集处往往金品位显著增高。

2 矿床地球化学特征

(1) 岩矿石化学成分 测试对象包括钾化混合花岗岩、混合岩、绿片岩、矿石及红色砂岩等, 测试结果见表 1。

表 1 龙泉站金矿岩矿石硅酸盐全分析结果 ($w_B/\%$)

样品数	钾化混合花岗岩	混合岩	绿片岩	矿石 (黄铁绢英岩)	红色砂岩
	2	3	1	1	1
SiO ₂	72.03	47.88	44.94	73.00	63.91
Al ₂ O ₃	13.47	10.09	12.68	11.42	15.77
K ₂ O	4.99	0.91	1.36	3.10	3.66
Na ₂ O	3.67	1.73	1.75	3.38	4.80
CaO	1.38	10.18	7.56	0.26	1.12
MgO	0.52	10.14	5.25	0.24	3.56
Fe ₂ O ₃	0.59	2.48	6.62	4.46	3.16
FeO	1.25	8.62	7.60	0.67	0.70
MnO	0.07	0.20	0.24	0.04	0.07
TiO ₂	0.19	0.83	1.71	0.17	0.53
P ₂ O ₅	0.06	0.17	0.24	0.02	0.21
H ₂ O ⁺	0.85	3.20	4.67	0.97	2.15
CO ₂	0.74	3.19	5.09	0.34	0.06
Σ	99.78	99.61	99.71	98.07	99.70

测试单位: 国土资源部武汉矿产资源监督检测中心所测试。

与围岩相比, 矿石 (黄铁绢英岩) 中 SiO₂ 含量最高, 与黄铁绢英岩蚀变过程中 Si 的聚集有关; CaO、MgO、MnO、TiO₂、P₂O₅ 等组分在所有测试对象中为最低, H₂O⁺、CO₂ 含量也较低, 说明这些组分在蚀变矿化过程中被显著带出, 矿石中碳酸盐矿物及含水矿物较少。

钾化混合花岗岩中, K₂O 含量为最高, SiO₂、Na₂O 含量也较高, Fe₂O₃、H₂O⁺ 含量为最低, CaO、MgO、FeO、MnO、

*本文由国家科技支撑计划课题 (编号: 2006BAB01B07) 和有色金属成矿预测教育部重点实验室资助
第一作者简介 何玲, 女, 生于 1989 年, 本科生, 矿产普查与勘探专业。

TiO₂、P₂O₅、CO₂含量较低,反映在蚀变过程中有K、Si、Na等元素的带入及Fe、Ca、Mg、Mn、Ti、P等元素的带出,岩石中碳酸盐矿物含量低。

混合岩和绿片岩中SiO₂、K₂O、Na₂O、CaO、FeO、MnO、P₂O₅、H₂O⁺、CO₂等组分含量接近,其中SiO₂、K₂O、Na₂O等组分在所有测试对象中为最低,CaO、MgO、FeO、MnO、H₂O⁺、CO₂等组分含量为最高,与混合岩和绿片岩中角闪石、黑云母等暗色矿物的增多及普遍发育的绿泥石化和碳酸盐蚀变有关。

白垩系马郎沟组红色砂岩中Al₂O₃、Na₂O含量为最高,CO₂含量为最低,CaO、FeO、MnO含量也较低,其中CO₂低含量表明该岩石中含碳酸盐矿物很少。

(2) 稀土元素地球化学特征 测试对象包括钾化混合花岗岩、混合岩、绿片岩、矿石及红色砂岩等。

矿石(黄铁绢英岩)中 ΣREE 为 56.48×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=5.93$, δEu 为0.87;钾化混合花岗岩 ΣREE 为 87.95×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=6.29$, δEu 为1.03;混合岩 ΣREE 为 124.77×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=2.85$, δEu 为1.13;绿片岩 ΣREE 为 138×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=1.83$, δEu 为1.22;红色砂岩 ΣREE 为 202.00×10^{-6} , $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}=5.56$, δEu 为1.10。可以看出,矿石(黄铁绢英岩)中 ΣREE 为最低,说明蚀变矿化过程中稀土元素有显著带出。矿石的弱铈负异常特征也有别于其它岩石样品。矿石和钾化混合花岗岩的 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值则明显高于混合岩和绿片岩。

表2 龙泉站金矿矿物流体包裹体成分测定结果

样号	测试对象	气相成分/($\mu\text{g/g}$)			
		H ₂	CH ₄	CO ₂	H ₂ O
LGZ0921	石英	4.506	27.584	428.912	2784
LGZ0925	石英	8.308	32.329	281.579	3008
16-31	重晶石	2.616	18.749	112.375	1358
样号	F ⁻	液相成分/($\mu\text{g/g}$)			
		Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺
LGZ0921	1.038	2.996	4.752	2.114	0.293
LGZ0925	0.64	3.916	5.081	2.367	0.425
16-31	0.197	1.738	1.784	0.032	0.392

测试单位:中南大学地学与环境工程学院

在La/Yb-REE含量图解(见图1)上,钾化混合花岗岩、混合岩、绿片岩、矿石及红色砂岩

等样品投点多落在钙质泥岩区,其中钾化混合花岗岩投点同时落入花岗岩区边部,矿石、混合岩及绿片岩投点十分靠近玄武岩区,反映出本区岩石物质成分主要来自沉积岩,混合岩及绿片岩的初始物质中可能混有基性火山岩成分,有一部分成矿物质也来自基性火山岩。

(3) 矿物流体包裹体成分特征 龙泉站金矿矿物流体包裹体成分见表2。

由表可知,流体包裹体的主要气相成分为H₂O和CO₂,且H₂O的平均含量在90%以上,气相成分中还含有少量H₂和CH₄,反映了热液成矿系统中还原性组分的存在。液相成分中Na⁺为主要阳离子成分,次为K⁺和Ca²⁺,阴离子成分以Cl⁻为主,次为F⁻,F⁻/Cl⁻比值0.11~0.38,K⁺/Na⁺比值为0.02~0.47。

研究显示,地下水热液中F⁻/Cl⁻和K⁺/Na⁺比值较低,现代深层地下水(1.2~2.4 km深)F⁻/Cl⁻比值在0.005~0.014范围内,K⁺/Na⁺比值在0.062~0.116之间,海水、萨尔顿湖热卤水、氯化钠型热泉的F⁻含量低于Cl⁻含量几个数量级。

可见,龙泉站金矿成矿流体中有大气水的显著参与。

3 成矿时代与成矿作用分析

在龙泉站矿区,笔者发现多处含方铅矿等硫化物的重晶石-石英脉,局部见有重晶石-石英脉穿切白垩系马郎沟组紫红色砂岩的现象,表明成矿时代在马郎沟组地层形成之后,与沂沭断裂带形成及演化背景有关。

早白垩世前后是华北东部中生代动力体制转折的关键时段,此时古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲、华北东部岩石圈剧烈减薄、郯庐断裂发生强烈左行走滑、区域构造应力场转变为强烈引张、火山-岩浆活动也最为强烈^[2]。

龙泉站金矿成矿是燕山期深部热能作用下,浅部流体对流循环及成矿物质活化、迁移和聚集的结果。成矿金属元素主要来自太古宙沂水岩群与新太古宙泰山岩群变质岩系。硫化物和重晶石等硫酸盐矿物伴生现象及成矿流体中CO₂和CH₄等含碳组分共存现象反映了成矿系统中硫和碳的循环,而硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化组合蚀变则反映了成矿物理化学条件的动态演化。

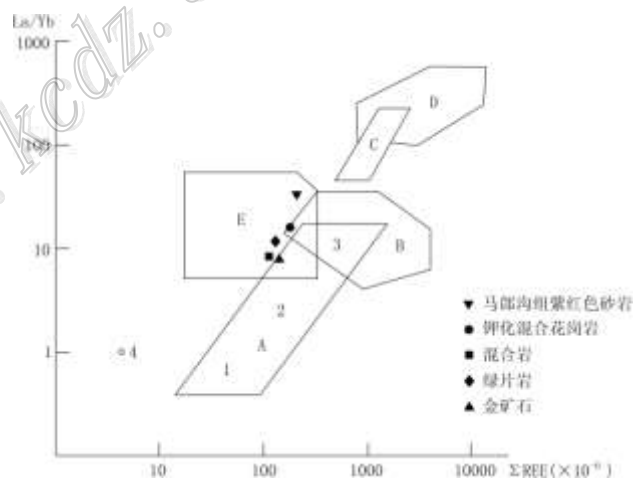


图1 岩石La/Yb-REE含量图解(after Alleyre, 1973)

A—玄武岩: 1—大洋拉斑玄武岩, 2—大陆拉斑玄武岩, 3—碱性玄武岩; B—花岗岩