

地质·矿床

鲁西铜石地区镁质碳酸盐岩微细浸染型金矿 成矿地质特征

于学峰^{1,2}, 韩作振¹

(1. 山东科技大学, 青岛 266510; 2. 山东省地质博物馆, 济南 250013)

摘要 镁质碳酸盐岩微细浸染型金矿是鲁西地区继归来庄隐爆角砾岩型金矿以后, 发现的又一新类型金矿。该类金矿赋存于早寒武世朱砂洞组白云岩和白云质灰岩等镁质碳酸盐岩中。矿体产出层位稳定, 矿石类型简单, 矿化较连续, 找矿前景广阔。矿床形成与中生代燕山早期中偏碱性潜火山杂岩密切相关, 表现为“二长斑岩-断裂裂隙-镁质碳酸盐岩”三位一体的控矿机制。该类金矿最早在平邑县磨坊沟被发现和评价, 因此, 笔者将其称为“磨坊沟式”金矿。

关键词 微细浸染型金矿 镁质碳酸盐岩 成矿特征 鲁西铜石

中图分类号 P618.51 **文献标识码** A **文章编号** 0495-5331(2008)04-0039-06

1 成矿地质背景

鲁西铜石地区位于滨西太平洋成矿域中部, 地处华北板块东南缘, 郯庐断裂带以西, 鲁西地块南部, 尼山凸起与平邑凹陷的接壤地带。区内地层主要为新太古代泰山岩群山草峪组变质岩系, 古生代寒武系、奥陶系碳酸盐岩, 中生代侏罗系-白垩系碎屑岩等。断裂构造发育, NNW 向的主干断裂及次级 NW 向断裂控制了地层及岩浆岩的展布; 近 EW 向及 NW 向的次级断裂是该区的主要控矿构造。古元古代二长花岗岩及花岗闪长岩构成了该区的结晶基底。中生代燕山早期构造-岩浆活动强烈, 形成了主要由二长闪长质岩石、二长正长质岩石构成的铜石潜火山杂岩体。同时形成了与潜火山岩浆热液有关的隐爆角砾岩型(归来庄式)、镁质碳酸盐岩微细浸染型(磨坊沟式)等多种类型金矿(图 1)。

2 控矿地质条件

2.1 控矿地层

1) 泰山岩群: 为鲁西太古宙花岗岩-绿岩带的重要组成部分^[1], 为一套中级变质的绿岩岩系。矿田内主要出露山草峪组, 据笔者研究主要岩石的金含量为: 黑云斜长片麻岩 5.9×10^{-9} ($n=45$)、长英质片岩 7.04×10^{-9} ($n=17$)、斜长角闪岩 8.2×10^{-9} ($n=5$); 据赵鹏大、陈永清等(1998 年)研究成果^[2], 泰山岩群金元素含量 10.7×10^{-9} ($n=139$);

沈宝丰、陆松年等(2000)对泰山岩群 40 件变质碱性火山岩样品研究结果^[3]: 金元素平均含量 7.78×10^{-9} ($n=40$)、浓集系数 3.55; 银元素平均含量 34.90×10^{-9} ($n=40$)、浓集系数 4.66。可见, 鲁西泰山岩群金元素含量是地壳丰度值 (2.19×10^{-9} , 黎彤, 1992)^[4]的 3~5 倍, 这暗示鲁西金矿成矿组分可能主要来源于泰山岩群。

2) 赋矿镁质碳酸盐岩: 早寒武世朱砂洞组分布于铜石杂岩体的西、南边部, 出露厚度 115m。其岩性主要为以中厚层-厚层白云岩、泥质白云岩、白云质灰岩为主的镁质碳酸盐岩夹薄层条带状灰岩。岩层产状平缓, 一般在 $3^\circ \sim 15^\circ$ 之间。其下部的镁质碳酸盐岩, 脆性大, 化学活动性强; 角砾状构造和岩溶孔隙发育, 有利于含矿热液的运移和渗滤扩散, 易与矿液发生交代作用而形成矿体; 顶板围岩主要为泥云岩等, 其结构致密, 化学活动性差, 对金元素的聚集成矿起着隔挡或屏蔽作用。该层位是良好的矿质沉淀聚集场所, 是形成磨坊沟式金矿的有利层位。矿化层距不整合面 20~30m, 厚一般 3~10m。在区域上该层位发现有石膏矿和天青石矿化。

2.2 控矿岩浆岩

磨坊沟式金矿产在铜石潜火山杂岩体的边缘。该岩体为一潜火山穹隆, 出露面积约 32km^2 , 呈岩株、岩床及岩墙侵入于前寒纪花岗质变质岩、寒武系及奥陶系地层之中。该岩体具多次脉动上侵的特点, 是多期次多阶段岩浆活动的产物, 主要由二长闪

[收稿日期] 2007-10-23; [修订日期] 2007-12-13。

[第一作者简介] 于学峰(1962年—), 男, 2001年毕业于吉林大学, 获硕士学位, 研究员, 现主要从事矿产勘查与研究工作。

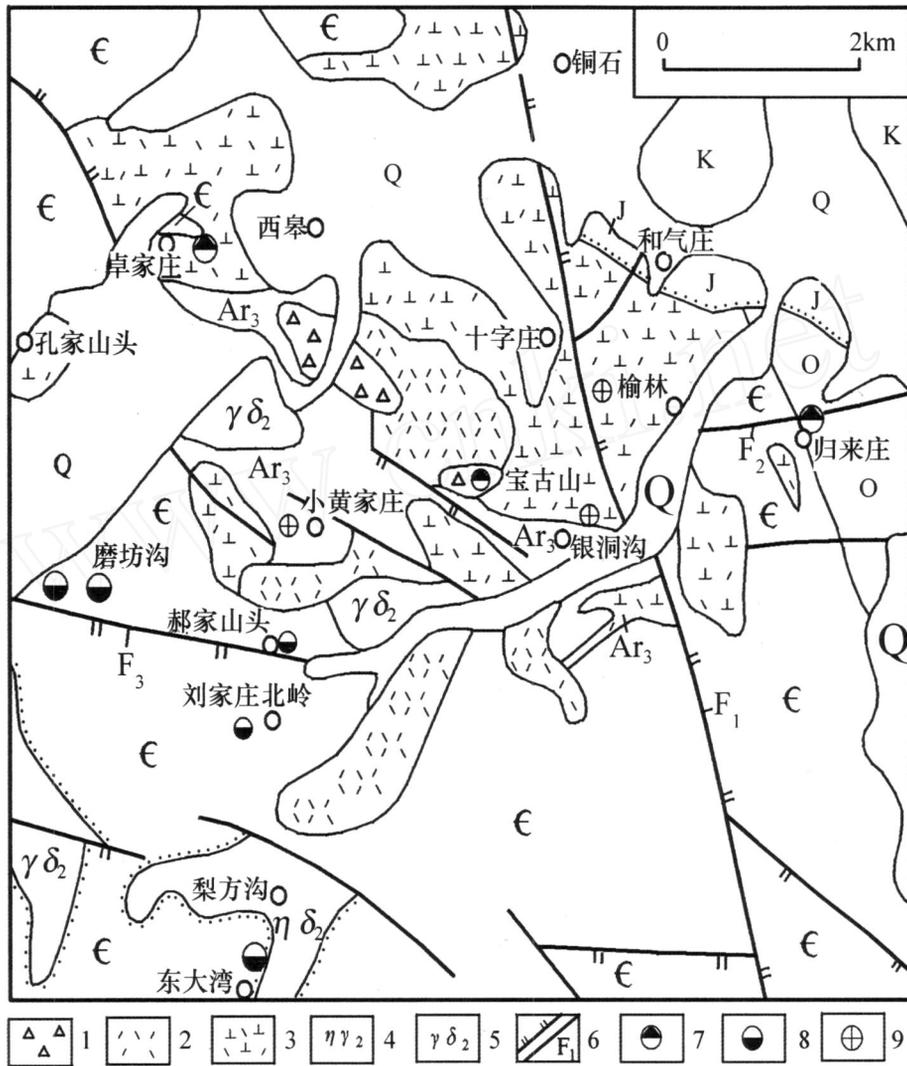


图 1 鲁西铜石地区地质矿产略图

Q—第四系; K—白垩系; J—侏罗系; O—奥陶系; —寒武系; Ar₃—泰山岩群山草峪组; 1—中生代燕山早期隐爆角砾岩; 2—燕山早期二长斑岩; 3—燕山早期二长闪长玢岩; 4—古元古代二长花岗岩; 5—古元古代花岗闪长岩; 6—断层 (F₁ 为燕甘断裂; F₂ 为归来庄断层; F₃ 为营子洼断层); 7—归来庄式金矿床 (点); 8—磨坊沟式金矿床 (点); 9—其他热液型金矿床 (点)

长质岩石和二长 - 正长质岩石两大岩石系列组成, 并伴有隐爆角砾岩及粗面斑岩等脉岩。⁴⁰Ar/³⁹Ar法同位素年龄值为: 石英二长闪长玢岩 189.8 ± 0.2Ma, 二长斑岩 188.4 ± 1.6Ma (林景仟等, 1993年)^[5]; 属燕山早期的产物。矿区内主要出露二长斑岩, 呈岩床状沿下古生代地层与前寒武纪基底的不整合面侵入 (图 2)。已知金矿床 (点) 均位于岩体范围内, 且多分布于杂岩体的边缘接触带附近。岩浆岩对金矿化的控制作用主要表现在: 一是多期次多阶段的高钾碱性潜火山岩浆活动, 为金元素活化迁移和聚集成矿提供了充足的热源和热液; 二是在岩浆活动末期形成的隐爆角砾岩, 为矿液的迁移和金元素的沉淀聚集提供了有利的空间。

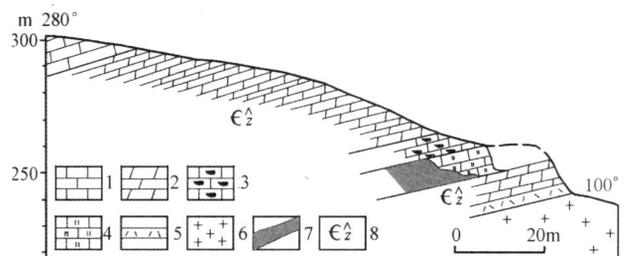


图 2 梨坊沟—东大湾金矿区地质剖面图

1—厚层石灰岩; 2—厚层白云岩夹白云质灰岩; 3—含燧石结核白云质灰岩; 4—萤石化白云岩夹白云质灰岩; 5—中生代燕山早期二长斑岩; 6—古元古代黑云母二长花岗岩; 7—金矿体; 8—早寒武世朱砂洞组

2.3 控矿构造

中生代燕山期, 由于欧亚板块与太平洋板块的

相互作用,郯庐断裂长期左行扭动,派生了区域性 NW 向、NNW 向断裂。主干断裂的交汇诱导了该区大规模的岩浆活动及热液作用,形成铜石潜火山穹隆。受区域应力与潜火山穹隆的共同作用,区内断裂构造发育,与成矿关系密切的有 NNW 向、近 EW 向、NW 向断裂。NNW 向的燕甘断裂是区内的主干断裂,是主要的导岩导矿构造,控制着该区地层、岩浆岩和金矿化带的展布。以归来庄断层、营子洼断层(图 1)为代表的近 EW 向、NW 向断裂为燕甘断裂的派生次级构造,以它们控制着矿体或含矿层位的分布,是矿田内的主要导矿和容矿构造;区内矿床(点)多分布于此二组断裂内或其旁侧附近。

3 矿床地质特征

磨坊沟式金矿床(点)在区内分布较广,主要有磨坊沟金矿、东大湾—梨方沟金矿、贺山庄金矿及刘家庄北岭金矿点、郝家山头金矿点等。以磨坊沟金矿为代表。

3.1 矿体特征

磨坊沟金矿床矿体呈似层状赋存于寒武纪朱砂洞组下部的厚-巨厚层灰质白云岩及白云质灰岩中(图 2、3),矿化分布严格受该层位控制。矿化层位上下部普遍有二长闪长玢岩和二长斑岩岩床状产出,局部有脉岩穿插。矿化层顶板为薄层泥云岩,其上为中层含燧石结核(条带)灰岩或白云质灰岩,底板为中-中厚层青灰色灰岩。含矿层中金矿化普遍,但金品位变化较大,金矿化的强弱一般与含矿岩石的破碎程度、裂隙发育程度、蚀变强弱程度有关。

共圈定两个金矿体,其中 1 号矿体长 340m,厚度在 0.6~4.80m,平均 2.82m;厚度变化系数 58%。矿体呈似层状(图 3),产状与岩层产状基本一致,倾向 325°~350°,倾角 8°~20°;金品位(10^{-6})在 1.09~25.21,平均 11.57,品位变化系数 123%。2 号矿体长 200m,厚度在 1.20~3.20m 之间,平均厚度 2.05m,厚度稳定,变化系数 41%;矿体呈似层状,倾向 10°~20°,倾角 8°~10°;Au 品位(10^{-6})在 1.64~12.88 之间,平均为 4.54,品位变化系数 164.61%。

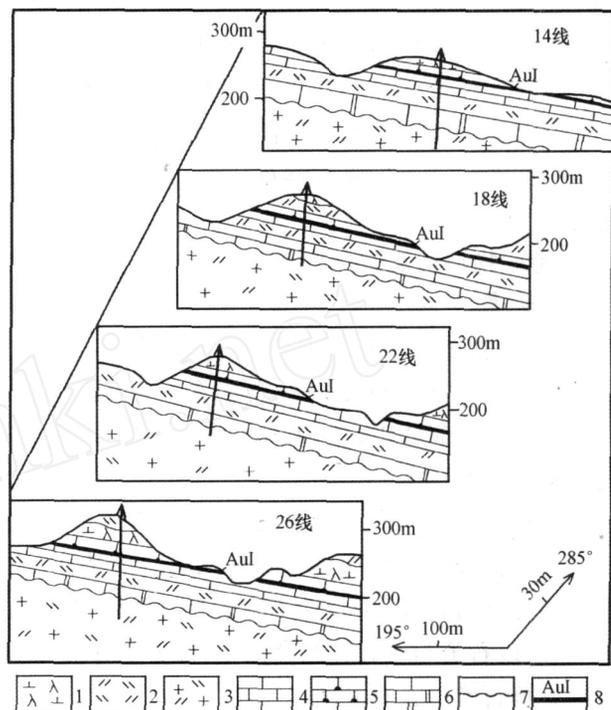


图 3 磨坊沟金矿联合剖面图

(据山东省第二地质矿产勘查院,2001年)

- 1—中生代燕山早期二长闪长玢岩; 2—燕山早期二长斑岩; 3—古元古代黑云母二长花岗岩; 4—早寒武世朱砂洞组石灰岩; 5—朱砂洞组燧石结核白云质灰岩; 6—朱砂洞组白云岩; 7—不整合地质界线; 8—金矿体及编号

3.2 矿石类型及矿石组构

矿石类型主要有 3 种,即萤石化硅化灰质白云岩型金矿石(占 90%以上)、萤石化硅化硅质岩型金矿石、萤石化硅化角砾岩型金矿石。

矿石结构有自形-半自形晶粒状结构、交代结构、包含结构、填隙结构等。矿石构造主要有浸染状构造、脉状构造、层纹状构造、角砾状构造等。

3.3 矿石化学成分

矿石中主要化学组分测定结果见表 1。由表 1 可以看出,矿石的化学成分主要为 SiO_2 、CaO、MgO,其次是 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 等。矿石中高度富集 SiO_2 ,这与普遍存在的硅化蚀变密切相关, SiO_2 含量往往与金品位呈正相关。有用组分为 Au、Ag,其他元素含量均较低。

表 1 矿石化学组分含量表

组分名称	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	TiO_2	MnO	S
平均值 / %	28.03	1.52	1.3	29.92	8.24	0.46	0.13	0.03	0.11	0.06	0.04
组分名称	Au	Ag	Te	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	F	Ba
平均值 / 10^{-6}	7.34	39	19.27	28.09	441.5	187.2	13.74	6.5	0.21	7511	474.18
组分名称	La	V	Co	Nb	Ni	Rb	Sr	Th	Y	Cr	Zr
平均值 / 10^{-6}	2.25	33.27	4	2.94	14.18	22.85	201.64	2.76	7.06	24.85	26.21

注:样品数为 16 件;据山东省地质科学实验研究院资料,1999 年。

3.4 矿石矿物成分

矿石中金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、褐铁矿等。主要非金属矿物为方解石、白云石、石英、萤石、绢云母等。载金矿物主要为石英、萤石,少量白云石和方解石;部分为黄铁矿等硫化物。

3.5 金矿物特征及赋存状态

金矿物主要有自然金(75%)、碲金银矿(12.5%)、银金矿(12.5%)。金矿物的形态主要为角粒状和圆粒状。粒度以微粒金为主,小于 $10\mu\text{m}$ 的金矿物占全部金矿物的98%,其中粒径 $1\mu\text{m}$ 左右的金矿物占51%。

金矿物的赋存形式主要以包体金(71%)为主,次为粒间金(29%)。包体金以脉石包体金为主,载金矿物主要为石英,少量萤石。粒间金主要为脉石粒间金,以石英与萤石粒间金为主,部分是存在于石英与方解石或白云石晶间。

3.6 围岩蚀变及成矿阶段

3.6.1 围岩蚀变

围岩蚀变类型主要有硅化、萤石化、黄铁矿化、

绢云母化及碳酸盐化,偶见冰长石化。其中硅化、萤石化与金矿化关系最为密切。

硅化主要表现为石英交代碳酸盐矿物,呈浸染状、细脉状、晶簇状及隐晶质玉髓状产出。

萤石化在矿体及围岩中广泛发育。萤石多为无色或淡紫色,呈浸染状分布于碳酸盐矿物、玉髓或石英之间;或呈细脉状穿插分布于矿石中,常形成萤石-石英脉、萤石-方解石脉。

3.6.2 成矿阶段

矿床成矿作用可划分为热液期和表生期。

热液期分为4个阶段:石英-黄铁矿阶段:生成的金属矿物主要有黄铁矿及少量白铁矿;石英-萤石-多金属硫化物阶段:生成的金属矿物有黄铁矿、辉铜矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、银金矿等;石英-萤石-金-碲化物阶段:生成的金属矿物有黄铁矿、自然金、碲金银矿、银金矿等,此阶段是主要成矿阶段;萤石-方解石阶段:生成的金属矿物只有少量黄铁矿等。

表生期主要生成高岭土、褐铁矿、铅钒及孔雀石等矿物。

表2 激光拉曼光谱分析结果表

样品号	气相 / %									液相 / %					
	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	SO ₂	H ₂ O	CO	N ₂	H ₂	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	H ₂ O	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	82.1	10.5	7.4	-	-	-	-	-	63.4	20.3	6	-	10.3	-	-
2	30		3.9	13.5		52.6	-	-	24.9	4.5	-	70.6	-	0.21	-
3	75.9	9	-	-	-	-	15.1	-	47.1	10.2	-	42.7	-	0.19	0.13
4	52	19.8	19.2	-	-	-	-	9	43.7	19.5	36.8	-	-	-	-
5	57.2	10.5	6.9	-	25.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	56.1	4.6	8.2	31.1	-	-	0.16

注: -摩尔数的相对百分含量;西安地质矿产研究所,王志海、李月琴分析。

4 矿床成因讨论

4.1 成矿流体的性质及来源

4.1.1 成矿流体的温度

从萤石流体包裹体均一温度直方图(图4)可以看出,矿石中流体包裹体的均一温度主要在120~220之间,个别达250~360。在磨坊沟金矿和铜石杂岩体中至少存在三个阶段的流体包裹体:第一阶段温度250~350;第二阶段温度170~220;第三阶段温度为110~150。这三个阶段大致代表了石英-黄铁矿、石英-萤石-多金属硫化物及石英-萤石-金-碲化物三个主要成矿阶段。

可见,成矿热液与铜石杂岩体的形成和演化有关,金矿化主要在中-低温条件下形成。

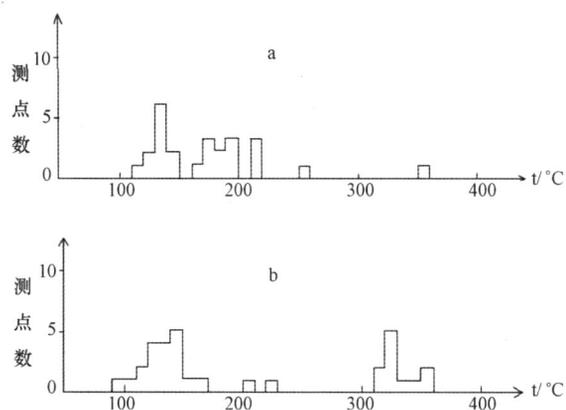


图4 磨坊沟金矿(a)及铜石杂岩体(b)萤石中流体包裹体均一温度直方图

4.1.2 成矿流体的盐度、密度及压力

对应流体包裹体形成的三个主要阶段,其温度、盐度、密度、压力总体呈有规律的变化,反映了成矿热液形成、演化阶段的总体趋势。

第一阶段:温度 $250 \sim 360$, 压力 $44.18 \times 10^5 \sim 47.53 \times 10^5$ Pa; 盐度 $0.35\text{wt}\% \sim 19.29\text{wt}\%$, 密度 $0.7929 \sim 0.8606\text{g}/\text{cm}^3$ 。可能代表了成矿早期阶段流体温度高、压力大、盐度低、密度小的环境。

第二阶段:温度 $170 \sim 220$, 平均 190.12 ($n=12$); 压力 $6.33 \sim 18.79 \times 10^5$ Pa, 平均 12.17×10^5 Pa; 盐度 $0.88\text{wt}\% \sim 20.45\text{wt}\%$, 平均 $9.9\text{wt}\%$; 密度 $0.878 \sim 1.0476\text{g}/\text{cm}^3$, 平均 $0.9533\text{g}/\text{cm}^3$ ($n=8$)。代表了本成矿阶段温度下降、内压减小、盐度及密度增高的成矿环境。

第三阶段:温度 $110 \sim 150$, 平均 131.31 ($n=11$); 压力在 $1.73 \sim 3.35 \times 10^5$ Pa, 平均 2.37×10^5 Pa; 盐度 $2.57\text{wt}\% \sim 20.6\text{wt}\%$, 平均 $12.75\text{wt}\%$; 密度 $0.9538 \sim 1.0868\text{g}/\text{cm}^3$, 平均 $1.0236\text{g}/\text{cm}^3$ ($n=8$)。显示出成矿晚阶段成矿热液处在低温、低压、高盐度及高密度的环境中。

4.1.3 成矿流体的成分

矿石中萤石包裹体成分测定结果见表2。由表可见,成矿流体中富含 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 及少量的 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- , 可能说明流体处在酸性或弱酸性环境, CO_2 含量的增加可能是金成矿的有利因素。 H_2S 的普遍出现及少量的 SO_2 和 SO_4^{2-} , 可能暗示金主要呈硫络合物的形式迁移。流体中含较多的 CH_4 , 表明金的迁移与富集可能与有机质有关。

4.1.4 成矿流体的来源

据林景任等研究成果(1997年)^[5], 铜石杂岩体及归来庄金矿床内硅化石英中氢、氧同位素。测定结果表明,成矿流体中 $^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 的值介于 $6.3\text{‰} \sim 13.5\text{‰}$; D 值主要变化于 $-68.9\text{‰} \sim -109.6\text{‰}$; 显示出成矿溶液的多源性, 可能以岩浆水和大气降水为主, 并有少量变质水的参与。磨坊沟式金矿与归来庄金矿属同一潜火山岩浆期后热液成矿系统中的产物, 二者成矿热液的性质和来源是相似的。

4.2 成矿物质来源

对矿石及铜石杂岩体中黄铁矿的硫同位素测定结果表明, 有3件含矿岩石样品的 ^{34}S 值(‰)介于 $-0.71 \sim -0.46$ 之间, 平均 -0.165 ; 6件样品的 ^{34}S 值(‰)介于 $2.00 \sim 2.99$ 之间, 平均 2.523 。这表明铜石潜火山杂岩体范围内岩体、矿体、矿化体中黄铁矿硫的来源是相同的, 与地幔硫的偏离不大, 可能与岩

浆岩同源, 主要来自地幔或地壳深部。

铜石杂岩体主体岩石二长闪长玢岩、二长-正长质岩石中金元素的初始背景值分别为 0.7×10^{-9} 、 1.06×10^{-9} ($n=29$); 朱砂洞组岩层中金元素平均含量为 1.30×10^{-9} ($n=646$); 前寒武纪花岗质侵入岩中金元素的平均含量为 2.45×10^{-9} ($n=181$)。而如前所述, 鲁西泰山岩群金元素含量是地壳丰度值 (2.19×10^{-9} , 黎彤, 1992)^[4] 的 $3 \sim 5$ 倍, 这表明金矿成矿组分可能主要来源于泰山岩群。

4.3 成矿机制及矿床类型

矿床的形成机制可概括为: 二长-正长质岩浆分异晚期的残余岩浆, 同化了上地壳中的酸性岩石, 并汲取了其中的金元素, 使金的丰度值明显提高, 从而生成了金矿化的二长斑岩及局部的隐爆角砾岩小岩体, 岩浆活动产生的巨大热能, 加热了下渗的大气降水, 被加热液的大气降水与富含挥发分的岩浆期后热液混合, 与围岩发生水岩交换作用, 使泰山岩群(矿源层)中的金元素活化迁移, 形成富含矿质及挥发分的潜火山岩浆期后热液。矿液沿二长斑岩岩床上部的张性断裂裂隙及早寒武世朱砂洞组下部镁质碳酸盐岩中的裂隙及层理上升运移, 当运移至灰质白云岩、白云岩等镁质碳酸盐岩中时, 因上覆含泥质岩石的屏蔽作用, 热液不再上升, 随着物理化学条件的改变, 金元素逐渐沉淀, 并发生了硅化及萤石化为主的强烈蚀变, 形成了磨坊沟式金矿床。

综上所述, 磨坊沟式金矿是归来庄金矿田金成矿系列的重要组成部分, 矿床属于陆相潜火山岩型金矿床范畴(涂光炽, 1993)^[6]。属与碱性潜火山杂岩有关的石英-萤石-冰长石型浅成低温热液型金矿。按其产出条件、容矿岩石及成矿方式, 可进一步确定其成因类型为: 与中偏碱性潜火山岩作用有关的镁质碳酸盐岩微细浸染型金矿床。

5 结论

1) 磨坊沟式金矿呈层状产于早寒武世朱砂洞组镁质碳酸盐岩中, 成矿作用以潜火山岩浆期后中低温热液作用为主。金矿物呈超显微粒状产出, 矿化以浸染状为主, 围岩蚀变以硅化和萤石化为主; 矿体与围岩的界限肉眼难以鉴别。这些特征类似卡林型金矿^[7], 但与典型的卡林型金矿也有差异, 表现在围岩蚀变中的强萤石化等。

2) 早寒武世朱砂洞组镁质碳酸盐岩对成矿的控制作用主要表现在两个方面, 一是提供了成矿空间; 二是碳酸盐岩的有机组分和盐类沉积可能为热

液成矿系统提供了“矿化剂”。

3) 矿床形成与中偏碱性潜火山杂岩密切相关, 多期次多阶段的岩浆分异作用为成矿提供了充足的热源和热液。金元素主要来源于新太古代泰山岩群变质岩系。成矿作用可表述为“二长斑岩 - 断层裂隙 - 镁质碳酸盐岩”三位一体的控矿机制。

[参考文献]

- [1] 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质 [M]. 北京:地质出版社, 1996, 1 - 14.
- [2] 赵鹏大,陈永清,刘吉平,等. 地质异常成矿预测理论与实践 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1999, 76 - 80.
- [3] 沈宝丰,陆松年,杨春亮,等. 矿床密集区预测的理论和办法 [M]. 北京:地质出版社, 2000, 48 - 63.
- [4] 黎彤. 地壳元素丰度的若干统计特征 [J]. 地质与勘探, 1992, 28(10): 1 - 7.
- [5] 林景仟,谭东娟,于学峰,等. 鲁西归来庄金矿成因 [M]. 济南:山东科学技术出版社, 1997, 92 - 93.
- [6] 涂光炽. 关于火山岩型矿床若干问题的探讨 [A]. 李兆鼎等. 第二届全国火山岩会议论文集 [C]. 北京:地质出版社, 6 - 11.
- [7] 陈先兵. 卡林型金矿地质地球化学特征及成因综述 [J]. 黄金地质, 2(2), 1996: 73 - 78.

GEOLOGY OF MICRO - DISSEMINATED MAGNESIUM CARBONATE ROCK TYPE GOLD DEPOSIT IN THE TONGSHI AREA, WESTERN SHANDONG

YU Xue - feng^{1,2}, HAN Zuo - zhen¹

(1. Shandong University of Technology, Qingdao 266510; 2. Shandong Geology Museum; Jinan 250013)

Abstract: Micro - disseminated type magnesium carbonate rock gold deposit in the western Shandong is a newly found gold deposit type after founding of crypto - explosive breccias type Guilaizhuang gold deposit. This type gold deposit occurs in magnesium carbonate rock, such as dolomite and dolomitic limestone in early Cambrian Zhushadong formation. Layer orebodies are stable occurrence with simple types. Mineralization is continuous with good ore exploration future. Ore formation are closely related with medium - alkali cryptovolcanic complex in the early Mesozoic Yanshanian. It is shown that ore - controlling mechanism is combination of monzonitic porphyry, fault and magnesium carbonate rock. This type gold deposit was first found and evaluated at Mofanggou. Thus, it is called "Mofanggou type gold deposit".

Key words: micro - disseminated gold deposit, magnesium carbonate rock, ore - forming characteristics, Tongshi, western Shandong