

冀东金厂峪金矿深部和外围找矿预测

牛树银¹ 李凤友² 陈华山³ 孙爱群¹ 王宝德¹ 王金忠⁴ 马宝军¹

(1. 石家庄经济学院, 石家庄 050031; 2. 承德市地质队, 承德 067000; 3. 河北省地质矿产勘查开发局, 石家庄 050081; 4. 中国黄金集团河北公司, 石家庄 050011)

摘要:金厂峪金矿是冀东地区开采历史超过半个世纪的大型金矿山,且近年来新增地质储量不断上升,受到地质学家的广泛关注。本文从幔枝构造成矿控矿作用的视角,简述了矿床地质特征,侧重讨论了成矿物质来源,认为成矿流体源于深部,通过地幔热柱多级演化向上迁移,在有利的构造扩容带中集聚成矿,进而在介绍近年来新的找矿进展基础上,探讨了构造的成矿控矿作用,进一步指出了深部和外围找矿方向。

关键词:幔枝构造;成矿作用;控矿构造;找矿预测;冀东地区

中图分类号:P618.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)04-

冀东是河北重要的金矿资源集中区之一,但是,由于采矿技术的提高和矿产资源利用率的加快,很多金矿后备资源量急剧下降,已经成为制约经济发展的瓶颈,急需寻找经济社会效益好的金矿接续基地,特别是急需加强现有矿山的深部、外围找矿。

金厂峪金矿位于冀东幔枝构造轴部北北东向韧脆性剪切带与东西向韧性剪切带的交汇部位(图1),是冀东地区大型金矿之一。近年来,危机矿山接替资源项目通过深入分析控矿构造,大幅度增加了矿山黄金储量,特别是V号石英脉型矿体位于金厂峪剪切带的东部边缘,且矿脉的延长和延深都有很好的连续性。那么,深部和外围还有没有找矿潜力,本文以幔枝构造为视角,通过成矿作用分析和矿田构造解剖,为其深部和西部外围提出了新的找矿靶区,但愿能起到抛砖引玉的作用。

1 矿床地质特征

区内赋矿地层为太古宇八道河群王厂组。主要区域变质岩为斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩和变粒岩。局部地段发育有较为强烈的混合岩化,北北东向韧性剪切带发生了强烈的糜棱岩化,发生明显的退

变质作用,并成为主要的储矿构造^[1-4]。

燕山期幔枝构造强烈活动,使东西向韧性剪切带重新活动,与北北东向韧脆性剪切复合处往往控制着燕山期的岩浆侵入,如青山口花岗闪长岩和贾家山花岗岩岩体,还发育有众多中基性、酸性岩脉。青山口岩体呈岩株产出,面积达约 28 km²,已有测年数据在 186~199.1 Ma,属中生代燕山早期。

金厂峪金矿区展布在黑石峪—桑家峪韧脆性剪切带中,矿区可划分为 3 个矿段,北部为黑石峪矿段,长 1 700 m;中部为金厂峪矿段,长 1 500 m;南部为桑家峪矿段,长 3 000 m;3 个矿段全长达 6 200 m,宽 200~960 m,出露面积 5 km²。矿体产于走向为 25°的糜棱岩带中,矿带长近 6 000 m,宽约 1 000 m。受构造影响,矿体形态复杂多样,总体为首尾相连构成矿体群。矿化由深部裂隙系统向韧脆性剪切带贯入交代,在成矿期构造与成矿前构造叠加部位、两组裂隙交叉处往往形成富矿体。蚀变矿物绢云母 K-Ar 年龄为 169.8 Ma^[2]。

以金厂峪矿段为例,其围岩主要是糜棱岩化斜长角闪岩,走向北东,倾向北西,倾角在 40°~80°,由西向东分为 6 个矿带,17 个矿体。受断裂控制,矿体

收稿日期:2012-01-03;改回日期:2012-03-15

基金项目:我国典型金属矿科学基地研究(200911007)、危机矿山(20109901)和国家自然科学基金(40872137)项目资助。

作者简介:牛树银,男,1952年生,教授,主要从事构造地质学与构造成矿的教学与科研工作;E-mail:niusy@sizue.edu.cn。

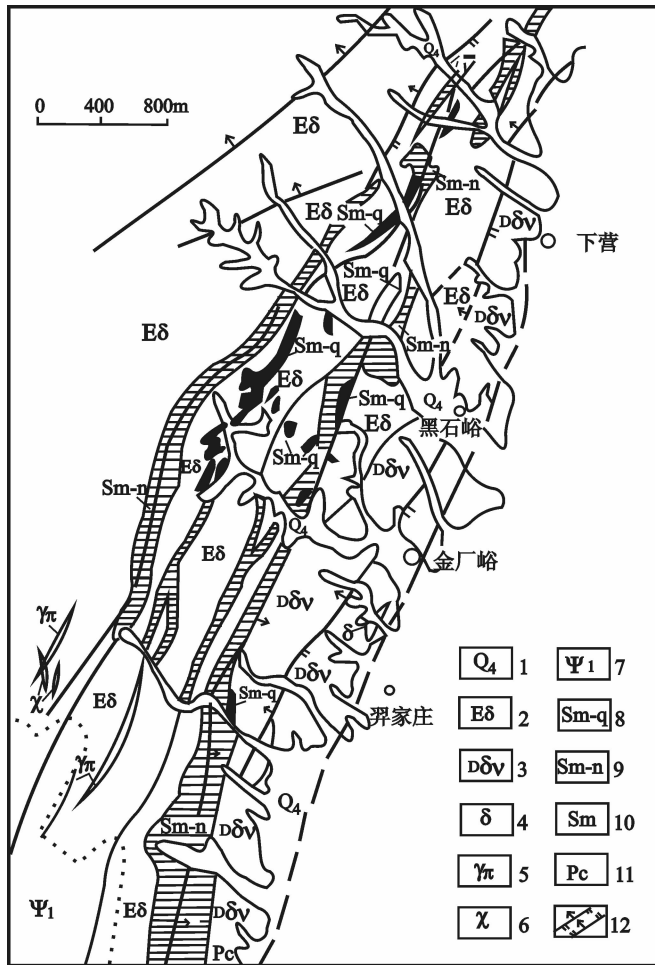


图1 冀东金厂峪金矿区地质简图

1—第四系;2—斜长角闪岩;3—辉石麻粒岩;4—闪长岩;5—花岗岩;6—煌斑岩;7—变质角闪辉石岩;8—含金石英脉;9—钠长石绢云母片岩;10—绢云母片岩;11—碳酸岩化压碎岩;12—正、逆断层

Fig.1 Geological sketch map of the Jinchangyu gold orefield

1- Quaternary; 2- Plagioclase amphibolite; 3- Pyroxene granulites; 4- Diorite; 5- Granite porphyry; 6- Lamprophyre; 7- Metamorphic amphibole pyroxenite; 8- Gold-bearing quartz veins; 9- Albite sericite schist; 10- Sericite schist; 11- Carbonatized crushed rock; 12- Normal fault and reverse fault

产出形态多为脉状、不规则状、扁豆状等。脉体宽度与矿化强度呈正比。矿体一般长 50~150 m, 最长 890 m; 厚度 1~6 m, 最厚达 40 余米。品位 2×10^{-6} ~ 15×10^{-6} 。水平方向由矿脉到围岩蚀变分带依次为: 含金石英脉→绢云母化糜棱岩带→绿泥石绢云母化糜棱岩带→绿泥石化糜棱岩带→斜长角闪岩 (变质原岩)。

金的成矿作用可分成 4 个矿化阶段, 即早期次生石英岩脉阶段(I), 中期钠长石英复脉阶段(II)和石英大脉阶段(III), 晚期石英碳酸盐脉阶段(IV)。第 II 矿化阶段形成的钠长石英复脉, 分布广, 大部分达到工业品位, 尤其以矿脉密集、品位较高为特征。

2 成矿物质来源探讨

除区域构造论证以外, 地球化学数据仍是探讨成矿物质来源的重要手段。大量同位素数据分析表明, 成矿物质主要来自地球深部。

2.1 硫同位素特征

据王宝德等^[5,6]对金厂峪金矿及冀东地区不同金矿 130 个样品统计, 矿石硫同位素组成均以较低的负值为主, 与青山口花岗岩的 $\delta^{34}\text{S}$ (-0.65%) 相近, 以深源硫为特征。其中石英脉硫同位素 $\delta^{34}\text{S} = -2.806\%$ (99 个样品均值), 分布区间为 -6.3% ~ $+3.0\%$, 石英钠长石脉中硫化物的 $\delta^{34}\text{S} 1.029\%$ (8

个样品均值),分布区间为-5.229‰~-1.8‰。金厂峪矿化围岩的 $\delta^{34}\text{S} = +1.928\text{‰}$ (23 个样品均值),分布区间为-5.0‰~+5.2‰,其值较矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 值高,说明热液在围岩中沉淀生成黄铁矿时,发生了硫同位素的分馏作用。

2.2 铅同位素特征

在金厂峪金矿研究中,铅同位素测试做得较多,且矿石铅同位素组成非常集中, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.461~16.057,平均值 15.875; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.129~15.312,平均值 15.234; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 35.248~36.946,平均值 35.772。矿区西侧青山口花岗岩体铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.882, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.147, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 35.722^[7,21]。矿石的铅同位素平均值与青山口花岗

岩非常接近(表 1)。表明本矿区成矿物质应源自于与燕山期青山口花岗岩体有关的岩浆活动。将表中数据投点于铅同位素演化曲线图上(图 2),铅同位素值主要落点于地幔和下地壳之间,表明矿区铅源(包括成矿物质)以深源为主。

2.3 氢氧碳同位素组成特征

金厂峪金矿氢、氧、碳同位素分别统计资料表明:①矿区内石英包裹体的氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 为 11.05‰~13.33‰,极差 2.18‰,平均值 12.27‰,分布范围很窄,表明氧同位素达到了高度均一化的程度。② δD 值为-65.7‰~-94.5‰,极差为 28.8‰,平均值为-82.02‰。表明含矿溶液中水的来源应以岩浆水为主的混合水。③石英中的 $\delta^{13}\text{C}$ 为-2.27‰~-

表 1 金厂峪金矿铅同位素特征/‰
Table 1 Lead isotope characteristics of the Jinchangyu gold deposit

序号	样品号	采样位置	矿石名称	测定结果			备注
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
1	Tw-1	钠长石英复脉	黄铁矿	15.919	15.256	35.819	
2	Tw-8	钠长石英复脉	黄铁矿	16.057	15.289	36.006	
3	Tw-5	石英大脉	黄铁矿	15.977	15.267	35.873	
4	Tw-12	石英大脉	黄铁矿	15.861	15.308	35.719	
5	Tw-13	矿化斜长角闪岩	黄铁矿	15.933	15.271	35.910	
6	Tw-14	石英大脉	黄铁矿	15.939	15.252	35.832	
7	Tw-15	钠长石英复脉	黄铁矿	15.849	15.228	35.742	
8	Tw-16	钠长石英大脉	黄铁矿	16.013	15.249	35.919	
9	Tw-17	钠长石英复脉	黄铁矿	15.792	15.298	35.837	林尔为等, 1985
10	Tw-18	矿化斜长角闪岩	黄铁矿	15.740	15.198	35.669	
11	Tw-19	石英大脉	黄铁矿	15.901	15.262	35.827	
12	Tw-4	钠长石英复脉	黄铁矿	16.037	15.306	36.026	
13	Tw-11	石英大脉-Py 团块	黄铁矿	15.752	15.228	35.667	
14	Tw-0	矿石堆	方铅矿	15.978	15.295	36.946	
15	Tw-44	石英大脉	方铅矿	16.001	15.312	36.039	
16	Tw-42	石英脉	方铅矿	15.461	15.161	35.248	
17	Tw-43	石英脉	方铅矿	15.758	15.129	35.625	
18	52-1	矿石	方铅矿	15.816	15.172	35.535	
19	63-3	矿石	方铅矿	15.818	15.173	35.531	
20	100-1	矿石	方铅矿	15.951	15.187	35.613	
21	100-2	矿石	方铅矿	15.989	15.246	35.664	
22	100-4	矿石	方铅矿	15.671	15.173	35.406	章百明等, 1996
23	105-2	矿石	方铅矿	15.913	15.202	35.590	
24	105-3	矿石	方铅矿	15.882	15.196	35.628	
25	106-1	矿石	方铅矿	15.869	15.200	35.634	
26		青山口花岗岩	斜长石	15.882	15.147	35.722	

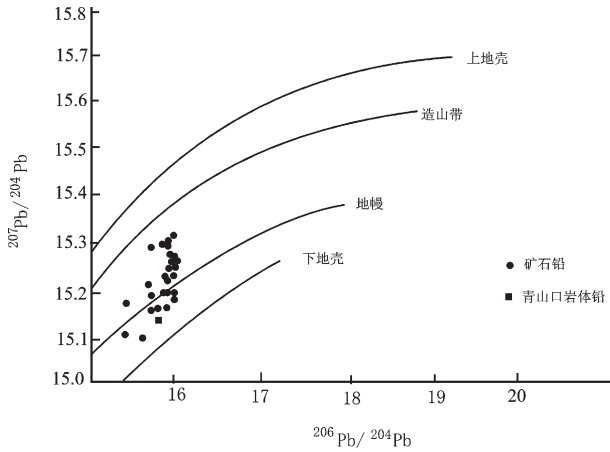


图 2 金厂峪金矿铅同位素演化图

Fig.2 Lead isotope evolution of the Jinchangyu gold deposit

8.44‰, 极差 6.17‰, 平均为 -4.84‰^[8,11]。与自然界某些已知地质体中的 $\delta^{13}\text{C}$ 相比, 本区的 $\delta^{13}\text{C}$ 应属地幔射气和岩浆来源的碳同位素组成变化范围, 说明该区的碳酸盐化属岩浆热液成因 (表 2)。将上述 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD 值投入 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 坐标图上。投影点落于原生岩浆水的左下方 (图 3), 表明矿区的成矿流体具有以岩浆水为主并混入少量大气降水的混合水的特点。

2.4 稀有气体特征

作为惰性气体的氦气、氩气及其他稀有气体, 基

本上不参与地球内部的化学反应, 因此, 被用来研究地球的内部结构及地球动力学过程, 如地球大气的成分与大陆的形成和深度的关系、判断成矿流体来源等。

本次所选取金厂峪金矿和冀东地区其他 9 个矿区 15 件具代表性的硫化物和肖营子花岗岩氦同位素测试, 矿石中黄铁矿的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ (10^{-6}) 含量范围为 2.50~9.39, 平均 5.43×10^{-6} , 比普通火成岩 (0.003~0.26) 高数百倍至上千倍 (表 3)。这表明大量矿质应是搭载地幔热柱多级演化的某种载体上升, 并在不断演化中逐渐卸载成矿, 使得所测样品的氦同位素值往往介于地壳和地幔之间, 在一定程度上反映出地幔热流体参与了成矿过程。

将同位素数据投点在氦同位素浓度图上 (图 4), 其落点均位于地幔氦附近。反映氦气应以地幔来源为主, 并在上升过程中有脱气现象或放射性 ^4He (壳源物质) 加入。

综上所述表明: 在冀东幔枝构造活动中, 来自深部的成矿物质, 搭载燕山期的青山口花岗岩侵位过程中而向上迁移, 并在北北东向糜陵岩化构造片理化带中充填-交代成矿。矿床蚀变矿物绢云母 K-Ar 年龄为 169.8 Ma, 是典型的岩浆期后热液成矿。

3 地质找矿新进展

近年来, 在国土资源部危机矿山接替资源项目

表 2 金厂峪矿床石英氢氧碳同位素组成/‰

Table 2 Oxygen, hydrogen and carbon isotope of of the Jinchangyu gold deposit

样品号	样品名称	取样地点	矿物产出	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	$\delta\text{D}_{\text{SMW}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	资料来源
1	石英及包体	103 中段 29 线半	石英大脉	11.05	-65.7			常全明等, 1994
2	石英包体	103 中段 29 线	石英大脉		-67.5			
3	石英包体	103 中段 29 线	石英大脉	12.09		1.40		
J ₁ -23	石英	103 中段 16 线半	石英大脉	13.33	-94.5	6.95	-5.7	张秋生等, 1991
J ₁ -8	石英	103 中段 29 线半	石英支脉	11.58	-92.0	5.20	-3.35	
J ₂ -7	石英	103 中段 27 线半	石英大脉	13.11	-78.0	6.73	-4.80	
J ₂ -6	石英	143 中段	石英大脉	12.83	-70.8	6.45	-4.90	
J ₂ -5	石英	143 中段 16 线	石英大脉	12.87	-92.2	6.49	-4.49	
J ₂ -4	石英	143 中段 20 线	复脉中的石英细脉	11.61	-80.4	5.23	-5.59	
J ₂ -7	石英	183 中段 9 线	石英大脉	11.38	-97.0	5.00	-3.99	
J ₁ -9	石英	103 中段 29 线半	钠长石英复脉	12.44		6.06	-2.27	
J ₀ -1	石英	63 中段 5 线	石英大脉	12.64	-82.1	6.26	-8.44	

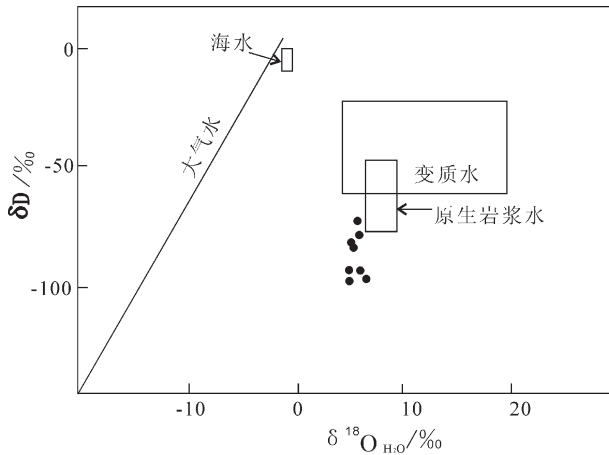


图 3 金厂峪金矿床 $\delta D - \delta^{18}O$ 组成图

Fig.3 Plotting of $\delta D - \delta^{18}O$ for the Jinchangyu gold deposit

的支持下,金厂峪金矿找矿取得了新的进展。勘查工作主要部署在金厂峪金矿区 II、III、V 号脉。II、III 号脉在前期控制的基础上,在-417 中段 17-41 线间进一步布置坑探和钻探工程,加大了控制范围。V 号脉在-257 m 中段和-417 m 等中段布置坑探工程和坑内钻探工程,对深部进行控制。完成主要实物工作量:坑探 7 313 m,坑内钻探 12 790 m,地表钻探 530 m,槽探 3 000 m³,预期提交 333 金资源量(金属量)

近 30 t^①。

特别是 V 号脉带勘查工作取得了突破性进展,矿脉延长范围大于 1 500 m,宽 17~72 m,脉带延深也已超过千米以上。脉带受韧脆性剪切带南东部边界断裂的控制,倾向 NW,倾角 80°至直立。目前勘查工程(钻探)已控制到-700 m 标高,V 号脉矿体平均厚度 2.67 m,平均品位 3.68×10⁻⁶,V 号脉带累计新增 333 资源量金金属量 18.48 t。整个矿区累计新增(333)资源量金金属量 26.47 t(图 5-A),展示了良好的找矿前景。

4 成矿作用与成矿预测

燕山运动以来,华北东部地区经历了复杂幔壳演化,金银等成矿物质主要来自地球深部,抑或核幔边界,通过地幔热柱多级演化迁移至地壳浅部有利构造扩容带中成矿^[9-13,14-17]。金厂峪金矿产于冀东幔枝构造核部岩浆-变质杂岩中,受脆韧性-韧脆性剪切带控制的断裂蚀变岩型-石英脉型金矿,具体的矿脉,不管蚀变岩型、石英脉型,还是复脉型,总体受构造控制明显^[5,6,14,15]。

4.1 成矿作用分析

控矿构造类型有不同的认识,一种是褶皱为主要控矿构造;一种是以韧性剪切带-断裂构造为主

表 3 冀东幔枝构造区部分金矿床氦气体特征

Table 3 Helium isotopes of gold deposits in eastern Hebei mantle branch structure area

样号	矿区	样品类型	³ He/ ⁴ He ×10 ⁻⁶	⁴ He×10 ⁻⁸ cm ³ STP/g	³ He×10 ⁻¹⁴ cm ³ STP/g	R/Ra [*]	地幔氦比例 %	方法	资料来源
Jic-1	金厂峪金矿	黄铁矿	5.0	106.4	532.0	3.57	45.36	压碎法	本课题组
Jhz-1	胡杖子金矿	黄铁矿	2.5	159.7	399.25	1.79	22.59		
Jhs-1	花市金矿	方铅矿	6.5	9.6	62.40	4.64	59.02		
Jsp-1	沙坡峪金矿	黄铁矿	2.9	91.5	265.35	2.07	26.23		
Jye-1	峪耳崖金矿	黄铁矿	2.7	58.1	156.87	1.93	24.41		
Jtj-1	田家村金矿	黄铁矿	4.4	287.4	1264.56	3.14	39.89		
Jxl-1	兴隆银矿	黄铁矿	6.9	192.5	1328.25	4.93	62.66		
J01-hj8	桦尖金矿	黄铁矿	4.60	3.06	14.08	3.31	41.71		
Gt-2	唐杖子金矿	黄铁矿	6.50	14.11	91.72	4.67	59.02		
Gml-1	马兰沟金矿	黄铁矿	9.39	804.4	7553.32	6.76	85.34		
Gml-9		黄铁矿	8.71	251.1	2187.08	6.27	79.14		
Gml-26		黄铁矿	9.32	109.7	1022.40	6.71	84.70		
Jjc-2	金厂峪金矿	片麻岩	0.55	214.3	117.87	0.39	4.83	加热法	
Jγ-9	肖营子花岗岩	全岩	0.001	441.6	0.44	0.0007	0		
Jγ-10	肖营子花岗岩	石英	0.38	91.2	34.66	0.27	3.28		

* 黄铁矿中的 ³He/⁴He 与空气 ³He/⁴He(Ra:空气 ³He/⁴He=1.40×10⁻⁶) 的比值。

①据全国危机矿山接替资源找矿专项成果资料 and 了解资料,有一定修改。

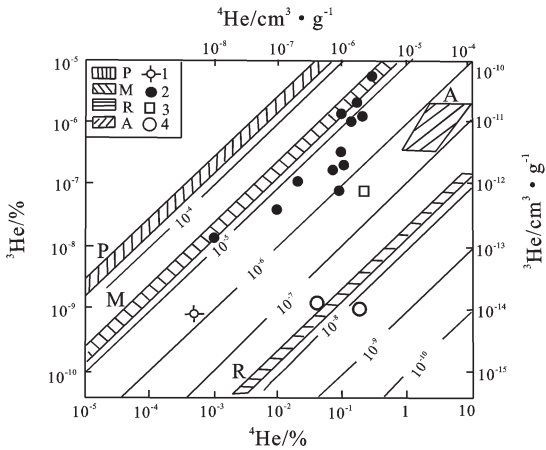


图4 冀东幔枝构造区金矿氦同位素浓度图

P—原始氦;M—地幔氦;R—放射性成因氦;A—科拉半岛古老超基性岩;1—大气氦;2—冀东金矿氦;3—围岩氦;4—花岗岩氦

Fig.4 Concentration of helium isotopes from gold deposits in eastern Hebei mantle branch structure area

P— Original helium; M— Mantle helium; R— Radiogenic helium; A— Kola Peninsula old ultrabasic rocks

1— Atmospheric helium; 2— Helium of gold deposits in eastern Hebei; 3— Helium of surrounding rock; 4— Helium of granite

要控矿构造,早期褶皱只是起到构造薄弱带、被成矿构造所利用和改造的作用。

早期褶皱可以分为四期,其中起主导作用的为东西向大型复式褶皱,另一期为北北东向褶皱。而燕山期脆韧性—韧脆性剪切带则是叠加在早期褶皱上的韧脆性剪切带。如金厂峪脆韧性—韧脆性剪切带就是叠加在北北东向褶皱之上的糜陵岩—裂隙构造带,包括北部的黑石峪矿段,中部的金厂峪矿段和南部的桑家峪矿段,全长可达6 200 m,宽度为200~1 000 m,其走向上具有膨缩相间的特点。带内则有强应变带和弱应变域相间排列的特征,为成矿流体的贯入和集聚沉淀提供了很好的成矿扩容空间,构成相间排列含金矿脉。

特别是近几年勘探的V号矿脉,走向延长上千米,宽度和品位均很稳定,应该是压扭性韧脆性剪切带所开辟的构造空间,被含矿流体所贯入。甚至可能包括含矿流体巨大的液压致裂作用,使断裂的贯通性沿走向和倾向都很稳定。

4.2 深部与外围预测

从垂向上看,200 m~-200 m 区段为矿脉密集区,-200 m~-600 m 区段为另一矿脉密集区(图5-A),两者结合部位,即-150 m~-250 m 的区间段是两个矿脉密集区段的过渡带,相当于人们常说的豆

荚状矿脉豆粒间的过渡(相对贫化)带。很显然,按照此规律推测,有无第三个矿脉密集区呢?或者说按此规律,-550 m~-650 m 区间应该是相对贫化段,也即第二个与第三个豆粒之间的过渡部位,那么,650 m~-1 000 m 区间是否为第三个矿脉密集带呢?甚至,其下部尚有第四个矿脉密集区,对比国土资源部深部找矿的深度要求,这正是深部找矿的有利区间,山东胶东地区、河南小秦岭地区的找矿经验也表明-500 m~-1 500 m 区间仍然是很有利的找矿空间。

横向上(外围),金厂峪金矿韧性剪切带的北西部边界应该注意找寻与V号矿脉相类似的石英脉型矿体,从图5-B成矿构造分析预测图可见,如果把200 m~-200 m 区段、-200 m~-600 m 区段、-600 m~-1 000 m 区间等三个矿脉密集群看做一个剪切带的话,现在已经勘查的V号矿脉就相当于韧脆性剪切带的南东部边界剪切面,该剪切面被成矿流体所贯入,成为长大于6 000 m,延深大于1 000 m,且基本连续的石英脉型矿体。从受力分析来看,在韧脆性剪切带的北西侧,还应该有一个韧性剪切带的边界,也即有可能存在着相当于南东侧V矿脉的另一个延长稳定(长6 000 m)延深较大(1 000 m)石英脉型矿体,这个可能性应该是相当大的。

这个推断也可从图5-A的左上部剖面看出一点端倪,请注意在0~300 m处圈定了垂向的矿体,矿体被连接成褶皱形态,这里可能包括连矿工程师的主观分析和观点,也有可能就是垂向的矿脉,相当于剪切带南东侧V矿脉之上部。还有另一种可能,就是勘探线剖面尚未画到金厂峪韧性剪切带的北西部边界,果真如此的话,勘查的注意力就应该关注北西部边界剪切带。

这种找矿预测一旦被证实,那么,其远景储量将会翻番,金厂峪金矿会一跃而成为超大型金矿。

5 结语

成矿作用受着温度、压力、氧化—还原障、构造等诸多因素的制约。但是,在众多因素中,断裂构造是主导因素,它不仅沟通了深部成矿流体的迁移途径,更是重要的成矿储矿空间。

当然,好的矿床(体)一定有好的成矿储矿构造,但是,有好的储矿构造不一定就形成好的矿床(体),因此,一般的成矿作用比较容易探讨,而深部和外围成矿预测就要刺刀见红,对进一步找矿勘探也有重

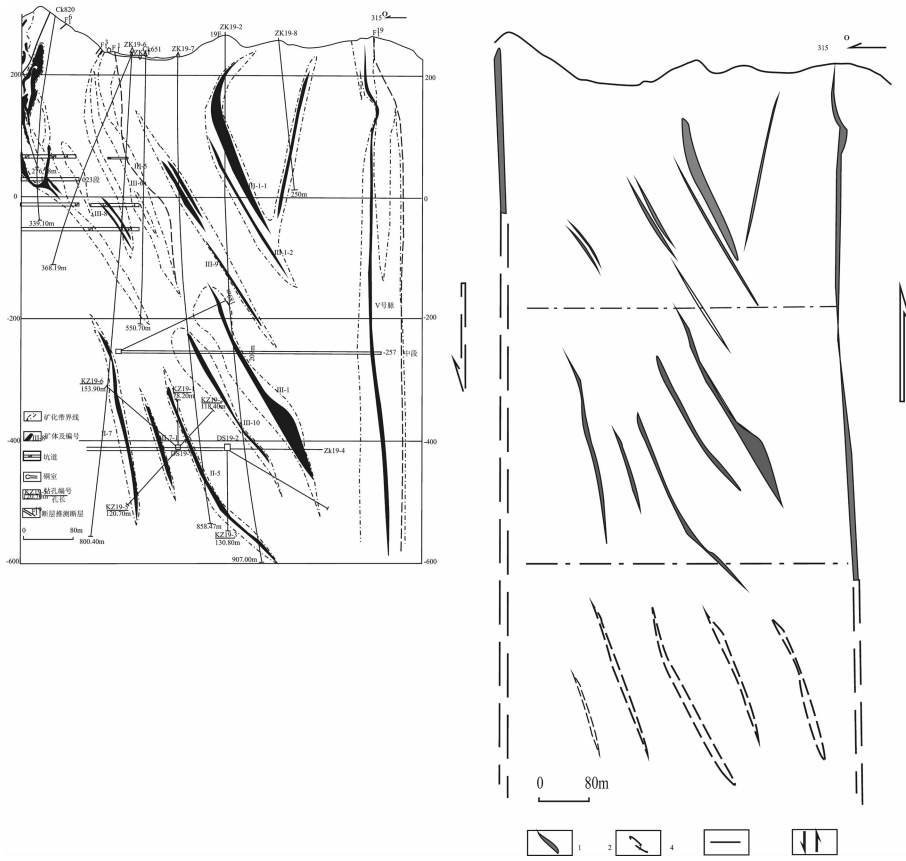


图 5 金厂峪金矿第 19 勘探线剖面图(A)和成矿构造分析预测图(B)
 1—已查明金矿矿体;2—预测金矿矿体;3—金矿脉密集区之间的贫化带;4—韧性剪切带之边界力偶
 Fig.5 Geological section along No.19 exploration line (A) and metallogenic tectonic analysis prognosis (B) of the Jinchangyu gold deposit
 1- Identified gold ore bodies; 2- Prognostic gold ore bodies; 3-Dilution zone between gold ore vein concentration areas; 4- Boundary couple of ductile shear zone

要的指导作用,但愿本文的深部和外围找矿预测能起到抛砖引玉的作用,期望引起勘探专家的重视。

参考文献(References):

[1] 张秋生, 杨振升, 高德玉, 等. 冀东金厂峪地区高级变质区地质与金矿床[M]. 北京:地质出版社, 1991.
 Zhang Qiusheng, Yang Zhensheng, Gao Deyu, et al. The Archaean High-grade Metamorphic Geology and Gold Deposits in Jinchangyu Area of Eastern Hebei [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1991 (in Chinese).
 [2] 章百明, 赵国良, 马国玺. 河北省主要成矿区带矿床成矿系列及成矿模式[M]. 北京:石油工业出版社, 1996.
 Zhang Baiming, Zhao Guoliang, Ma Guoxi. The Metallogenic Series and Metallogenic Model of Main Metallogenic Belt in Hebei Province[M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1996 (in Chinese).
 [3] 熊靓辉, 毛先成, 孔德秀, 等. 金厂峪金矿矿床成矿模式及深部找矿方向预测[J]. 矿业研究与开发, 26(2):11-17.
 Xiong Lianghui1, Mao Xiancheng, Kong Dexiu ,et al. The

mineralization model and prediction of deep - deposit prospecting of Jinchangyu gold deposit [J]. Mining Research and Development, 26(2):11-17
 [4] 宋扬, 王瑞江, 胡建中, 等. 河北金厂峪金矿控矿构造特征与成矿物质来源[J]. 地质学报, 2011, 85(1):78-87.
 Song Yang , Wang Ruijiang, Hu Jianzhong, et al. Ore-controlling structure characteristic and the sources of ore forming material in the Jinchangyu gold deposit, Hebei Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(1):78-87.
 [5] 王宝德, 牛树银, 孙爱群, 等. 冀东金矿成矿物质深部来源及其找矿方向[J]. 地质地球化学, 2002, 30(3):7-12.
 Wang Baode, Niu Shuyin, Sun Aiqun, et al. Deep-source ore-forming materials and prospecting of gold deposits in eastern Hebei [J]. Geology-geochemistry, 2002, 30(3):7-12.
 [6] 王宝德, 牛树银, 孙爱群, 等. 冀北地区中生代金银多金属矿床成矿物质来源和深部过程探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(3):379-386.
 Wang Baode, Niu Shuyin, Sun Aiqun, et al. Sources of ore-forming material of mesozoic Au-Ag polymetallic deposits in North Hebei Province and restriction of deep processes [J]. Acta Geologica

- Sinica, 2003, 77(3):379-386.
- [7] 林尔为, 郭裕嘉. 冀东金矿集中区的铅同位素研究 [J]. 长春地质学院学报, 1985, 15(4):1-10.
Lin Erwei, Guo Yujia. Lead isotope studies on goldfields, in eastern, Hebei, China[J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1985, 15(4):1-10.
- [8] 常全明, 许云程. 河北省金厂峪金矿石英英标型特征研究 [J]. 唐山工程技术学院学报, 1994(3):78-82.
Chang Quanming, Xu Yuncheng. Study on type-indicating symbols about quartz in Jinchangyu gold mine, Hebei [J]. Journal of Hebei Institute of Technology, 1994(3):78-82.
- [9] 霍明远. 金的原子结构模型及其成矿模式[C]//涂光织, 霍明远. 金的经济地质学. 北京: 科学出版社, 1991:1-7.
Huo Mingyuan. Gold atomic structure and its metallogenesis[C]//, Hou Mingyuan Economic Geological of Gold. Beijing: Science and Technology Press, 1991:1-7(in Chinese).
- [10] Maruyama S. Plume tectonics [J]. Jour. Geol. Soc. Japan, 1994, 100(1):24-49.
- [11] 牛树银, 孙爱群, 邵振国, 等. 地幔热柱多级演化及其成矿作用 [M]. 北京: 地震出版社, 2001.
Niu Shuyin, Sun Aiqun, Shao Zhenguo, et al. The Multistage Evolution of Mantle Plume and Its Mineralization [M]. Beijing: Seismological Press, 2001 (in Chinese).
- [12] Mao Jingwen, Li Yingqing, Richard Goldfarb, et al. Fluid inclusion and noble gas studies of the Dongping gold deposit, Hebei Province, China: a mantle connection for mineralization [J]. Econ. Geol., 2003, 98: 517-534.
- [13] Niu Shuyin, Hou Quanlin, Hou Zengqian, et al. Cascaded evolution of mantle plumes and metallogenesis of core-and mantle-derived elements[J]. Acta Geologica Sinica(English Edition), 2003, 77(4):522-536.
- [14] 牛树银, 李红阳, 孙爱群, 等. 幔枝构造理论与找矿实践 [M]. 北京: 地震出版社, 2002.
Niu Shuyin, Li Hongyang, Sun Aiqun, et al. The Theory of Mantle Branch Structure and Ore-search Practice [M]. Beijing: Seismological Publishing House, 2002 (in Chinese).
- [15] 牛树银, 孙爱群, 张建珍, 等. 胶西北金矿集中区深部控矿构造探讨[J]. 地质学报, 2011, 85(7):1065-1077.
Niu Shuyin, Sun Aiqun, Zhang Jianzhen, et al. Discussion on the deep dynamic mechanism of gold mineralization concentration area in northwestern Jiaodong [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(7): 1065-1077.
- [16] 牛树银, 孙爱群, 马宝军, 等. 华北东部地幔热柱的特征与演化. 中国地质, 2010, 37, (4):931-942.
Niu Shuyin, Sun Aiqun, Ma Baojun, et al. Characteristics and evolution of the mantle plume in eastern North China [J]. Geology in China, 2010, 37, (4):931-942.
- [17] 路凤香. 华北克拉通古老岩石圈地幔及其组成的“逆向演化”[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1102-1111.
Lu Fengxiang. Ancient lithospheric mantle and the “inverse evolution” of its components in North China Craton [J]. Geology in China, 2010, 37(4):1102-1111.

The exploration and prognosis in the depth and the periphery of the Jinchangyu gold deposit in eastern Hebei

NIU Shu-Yin¹, LI Feng-You², CHEN Hua-Shan³,
SUN Ai-Qun¹, WANG Bao-De¹, WANG Jin-Zhong⁴, MA Bao-Jun¹

(1. Geological Survey Institute, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031 Hebei, China; 2. Geological Party of Chengde City, Chengde 067000, Hebei, China; 3. Bureau of Geology and Mineral Resources Development of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, Hebei, China; 4. Hebei Company of China Gold Group, Shijiazhuang 050011, Hebei, China)

Abstract: The Jinchangyu ore deposit is a large-size gold deposit in eastern Hebei with mining history of more than half a century. In recent years, its resource reserves are constantly increasing. Which has aroused extensive attention among geologists. From the angle of ore-forming and ore-controlling action of the mantle branch structure, this paper briefly describes geological characteristics of the Jinchangyu gold deposit, with the emphasis placed on the source of the metallogenic material. The authors hold that the ore-forming materials were mainly derived from the boundary of the core-mantle and, through multiple evolution of mantle plume, they moved to the favorable structure and were deposited to form ore deposits. This paper emphatically discusses ore-forming and ore-controlling action of geological structure on the basis of achievements obtained in recent years. The prospecting directions in the depth and the periphery of the Jinchangyu gold deposit are pointed out.

Key words: mantle branch structure; mineralization; ore-controlling structure; exploration and prognosis; eastern Hebei

About the first author: NIU Shu-yin, male, born in 1952, professor, mainly engages in the teaching and study of structural geology and structural metallogeny; E-mail: niusy@sjzue.edu.cn.