

河北兴隆洞子沟银-铜矿床地质特征及成因探讨^①

赵英福, 吕增尧

(华北有色地质勘查局综合普查大队, 河北 燕郊 065201)

摘 要 根据矿床地质特征、成矿温度、成矿时代及成矿物质来源等方面的研究, 认为本矿床成矿流体来源于地幔岩浆水, 并有海水混入。成矿物质主要来源于深部地壳和地幔, 通过同生断裂喷气-喷流作用, 在有利的地层和物理化学条件下沉淀成矿。矿床成因属于同生断裂喷流热液层控矿床。

关键词 银-铜矿床 成因 地质特征 探讨 同生断裂 喷流 层控

中图分类号 P618.52 P618.41 **文献标识码** A **文章编号** 1001-5663(2004)03-0212-05

洞子沟银-铜矿床位于河北省兴隆县, 是本队在冀北中上元古界常州沟组中首次发现的具层控性质的中大型银-铜矿床。

岭沟组页岩夹砂岩的地层, 经实测, 断层下盘厚度为 331m, 而断层上盘的厚度达 501m600mo

1 矿区地质概况

矿区位于华北地台北缘中段的中晚元古代燕山裂陷槽的将军关-洞子沟Ⅲ级裂陷盆地的东部边缘。

矿区内出露地层为太古界迁西群跑马场组及中元古界长城系常州沟组及串岭沟组(图 1), 二者呈不整合接触或断层接触。跑马场组分布于矿区东部, 其岩性主要为黑云斜长片麻岩。长城系常州沟组在区内分布广泛。串岭沟组仅分布于矿区北部。矿床的直接容矿岩石为常州沟组的含砾粗砂岩、石英砂岩、石英岩状砂岩。

矿区构造总体为一 NW 向的并向 NW 倾伏的背斜。该背斜为马兰峪复式背斜的一部分。区内断裂构造发育, 其规模最大的 SN 向断裂是区域上黄崖关-兴隆大断裂的一部分, 该断裂走向近 SN, 倾向 W, 是一多期活动的区域性同生断裂。其依据有如下 4 点:

(1) 断层处于将军关-洞子沟Ⅲ级裂陷盆地的东部边缘, 断层呈 SN 走向, 为正断层, 断层倾向盆地中心, 倾角一般 60°80°。

(2) 断层两侧同一组段的地层厚度相差很大, 如串

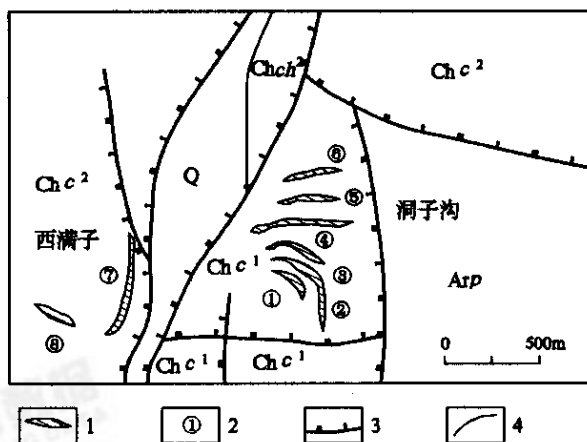


图 1 洞子沟银-铜矿床地质略图

Fig.1 Geologic sketch of the Dongzigou silver and copper deposit

Q-第四系 Chch¹-串岭沟组下段页岩 Chc²-常州沟组上段石英岩状砂岩 Chc¹-常州沟组下段长石石英砂岩、含砾长石石英砂岩 Arp-跑马场组黑云斜长片麻岩 1-银-铜矿体 2-矿体编号 3-实测正断层 4-实测地质界线

(3) 沿断层走向, 火山机构及火山角砾岩体呈串珠状分布, 说明断层切割深度大, 已达下地幔。

(4) 断层与本区矿化有密切关系, 沿黄崖关-兴隆断裂断续分布有老营盘钴矿、雁东坡金矿、洞子沟银-铜矿、大沟西山银-金矿等, 而洞子沟银-铜矿的脉状矿

^① 收稿日期 2004-02-18 作者简介 赵英福(1952-), 男, 山东济南人, 工程师, 主要从事地质找矿工作。

体即产于黄崖关 – 兴隆断裂的次级断裂中。

此外,区内次级断裂及层间滑动构造发育,是重要的容矿构造。

区内元古代岩浆活动较为强烈,沿同生断裂分布有元古代大红峪期闪长岩体、火山角砾岩体及超浅成岩脉。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

洞子沟银-铜矿床包括洞子沟矿段和西满子矿段,在洞子沟矿段发现 6 条矿体,在西满子矿段发现 2 条矿体,各矿体规模、产状、品位等特征见表 1。

表 1 矿体特征一览表

Table 1 List of orebody characteristics

矿段	矿体号	规模(m)			产状			平均品位		
		长	宽	厚	走向	倾向	倾角	Ag(g/t)	Cu(%)	Au(g/t)
洞子沟	①	200	450	1.74	300°	NE	15°40°	301	0.34	0.96
	②	800	800	0.91	300°	NE	10°30°	278	1.34	0.71
	③	250	400	0.80	300°	NE	15°40°	110	0.63	0.18
	④	700	600	0.90	300°	NE	10°30°	277	1.18	0.85
	⑤	280	400	0.74	300°	NE	20°	232	0.78	1.26
	⑥	200	400	0.71	300°	NE	20°	168	0.36	0.86
西满子	⑦	600	200	2.60	15°	285°	30°50°	289	0.56	1.18
	⑧	200	100	0.95	300°	30°	15°35°	96	0.55	0.15

注 据华北有色地质勘查局综合普查大队,河北省兴隆县洞子沟矿区银铜矿普查报告,1998。

西满子矿段矿体赋存于黄崖关断裂上盘与黄崖关断裂近于平行的次级断裂破碎带中,矿体围岩为常州沟组上段石英岩状砂岩、长石石英砂岩,矿体切穿地层产出。矿体为产于断裂破碎带中的硅化体和石英脉,呈脉状、透镜状和扁豆状产出,有膨胀收缩现象。

洞子沟矿段矿体赋存于黄崖关断裂下盘次级断裂及层间滑动破碎带中,矿体围岩为常州沟组下段。产于层间滑动破碎带中的矿体呈层状、似层状产出,矿体倾角平缓,矿体厚度较稳定,延长、延伸均较大,并基本受层位控制,①、②、③号矿体赋存于常州沟组下段第一层含砾长石石英粗砂岩中;④号矿体赋存于常州沟组下段第三层灰色细粒石英砂岩中;⑤、⑥号矿体赋存于常州沟组下段第五层紫红色长石石英砂岩中。矿体与地层产状基本一致并与地层同步褶皱,仅局部地段有穿层现象。产于黄崖关次级断裂破碎带中的矿体明显切穿地层产出,矿体呈脉状,倾向 W,倾角陡。整个矿体有‘上层下脉’的特征(图 2)。

2.2 矿石特征

2.2.1 矿物成分

洞子沟银-铜矿床矿石中矿物成分较复杂,矿物种类有 30 多种。其中铜矿物有黝铜矿(3.1%)、斑铜矿(0.46%)、黄铜矿(0.25%)、铜兰、蓝辉铜矿、辉铜矿、硫砷铜矿、硫铁锡铜矿、孔雀石、蓝铜矿。少量含银

矿物,有黝铜矿、含银铜蓝及黑铜矿。金银矿物有碲银矿、粒碲银矿、银金矿、金银矿及螺状硫银矿。其它金属矿物有方铅矿(0.89%)、闪锌矿(0.81%)、黄铁矿(0.5%)及褐铁矿(0.8%),少量铅矾、菱锌矿、白铅矿及碲铅矿。脉石矿物主要是石英(82.8%),次为长石(5.5%)、碳酸盐(2.5%)、高岭土(1.2%)及少量重晶石、萤石等。

2.2.2 矿石结构、构造

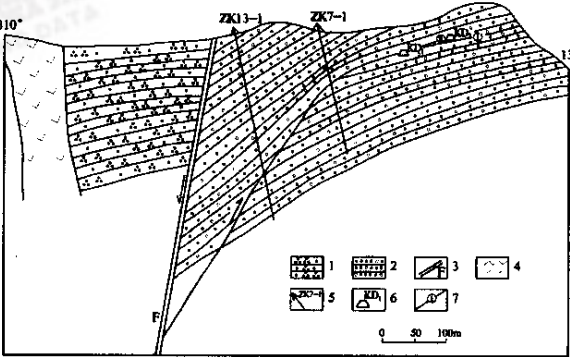


图 2 矿体产状剖面图

Fig.2 Profile of orebody occurrence

1 – 常州沟组二段石英岩状砂岩 2 – 常州沟组一段含砾粗砂岩 3 – 同生断裂 4 – 大红峪期火山角砾岩 5 – 钻孔及编号 6 – 坑道及编号 7 – 矿体及编号

矿石结构比较复杂,有晶粒状结构、粒状变晶结构、填隙结构、溶蚀结构、交代残余结构、包含结构及镶边结构等。

矿石构造有块状构造、条纹条带状构造、细脉浸染状构造、斑点状构造、角砾状构造及蜂窝状构造等。

2.2.3 矿石化学成分

矿石化学成分经全分析,结果: $w(\text{SiO}_2)$ 为85.22%; $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为2.6%; $w(\text{CaO})$ 为0.83%; $w(\text{MgO})$ 为0.28%;硫化物质量分数为11%。据矿石组合样普通分析,矿石中Ag、Cu为有用主元素,Au、Pb、Zn为伴生元素,As为有害元素。矿石中有用主元素大多赋存于黝铜矿中,故矿石中黝铜矿含量越高,Cu、Ag、Au品位越富。矿体中,局部致密块状黝铜矿矿石的 $w(\text{Ag})$ 达4000g/t以上, $w(\text{Cu})$ 达14%以上。矿床平均品位: $w(\text{Ag})$ 为290g/t; $w(\text{Cu})$ 为1.24%。

2.3 围岩蚀变

围岩蚀变主要有硅化,次有绢云母化、碳酸盐化、重晶石化及萤石化。其中硅化与矿化关系最为密切。

3 矿床成因的研究

洞子沟银-铜矿床的成因争议颇多,主要观点有与中生代成矿作用有关的以变质核杂岩为中心的伸展构造控矿型^[1]、火山低温热液型^[2],与中元古代成矿作用有关的热水沉积—叠加改造型^[3]、沉积改造型层控矿床^[45]等,本文认为该矿床成因为同生断裂喷流热液层控矿床。

3.1 地质依据

- 该矿床成因的地质依据可归纳为如下几点:
- (1)矿床处于燕山裂谷将军关—洞子沟Ⅲ级裂陷盆地边缘,有黄崖关—兴隆同生断裂通过矿区中部。
 - (2)本区成矿期火山活动弱,无火山岩形成,仅有脉岩产出。
 - (3)容矿岩系是沉积岩,矿体基本顺层或与围岩互层产出,主矿体呈层状、似层状,扁豆状。矿体与围岩地层同步褶皱。
 - (4)矿体有‘上层下脉’特征(图2),层状矿体矿石呈块状、条带状、条纹状构造,脉状矿体矿石具角砾状构造。
 - (5)矿区有硅质岩、玉髓、重晶石岩、绿泥石岩及电气石等喷气岩产出。
 - (6)矿区存在矿物分带,由内向外依次为:黝铜矿→方铅矿、闪锌矿→黄铁矿→绿泥石→重晶石。

3.2 成矿温度

经取矿石中金属硫化物和石英以均一法和爆裂法作矿物包裹体测温,其结果见表2。由表2可知,均一法平均温度为230℃,爆裂法平均温度为288℃,结合矿石的矿物组合、围岩蚀度特征,可以确定本矿床成矿是在中温状态下进行的。

表2 矿物包裹体测温结果

Table 2 Temperature measurement result of the mineral inclusions

样号	矿物名称	均一法测定结果(℃)		爆裂法测定结果(℃)	
		范围	平均	范围	平均
洞1	石英	240280	260		
洞1	黝铜矿			160450	280
洞2	石英			250450	330
洞3	石英	220230	225	250450	310
洞4	石英	210230	220		
洞3	黄铁矿				250
洞5	石英	220230	225	250500	300
洞5	黄铁矿			120300	260
洞6	石英				310
洞6	黄铁矿				260
洞7	黄铜矿				290
D1	石英	230250	240		
D2	石英			167334	280
D3	黝铜矿			160320	300
平均		210280	230	120500	288

注 由中科院地质所测试,1996。

3.3 成矿时代

洞子沟银-铜矿床矿石铅同位素组成测试结果列于表3。

表3 洞子沟银-铜矿床矿石铅同位素组成

Table 3 Lead isotope composition of the ore in the Dongzigou silver and copper deposit

顺序号	样号	矿物名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	03	黄铁矿	15.443	14.857	35.180
2	04	黄铁矿	15.669	15.161	35.728
3	05	黄铜矿	15.681	15.223	35.922
4	06	黄铁矿	15.629	15.097	35.466
5	07	黄铜矿	15.763	15.147	35.706
6	DI-10	黄铁矿	15.572	15.092	35.562

注 由中科院地质所测试,1996。

将表 3 中数据投入到²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb - ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 及²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb - ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 图解中,其投影点均位于单阶段演化曲线上或其两侧,表明矿石铅具单阶段演化特点,亦即属于正常铅。

将表 3 中的数据分别按照斯塔西(Stacey)模式和霍姆斯—豪特曼斯(Holms—Houtermans)模式分别计算成矿年龄,其结果列于表 4。由表 4 可知,本矿床的成矿年龄为 1635Ma1726Ma。这个年龄值与中元古代大红峪期年龄相当,说明成矿时代为大红峪期。

表 4 洞子沟银-铜矿床模式铅年龄
Table 4 Model lead age of the Dongzigou silver and copper deposit

样号	Stacey 法(Ma)	H—H 法(Ma)	平均(Ma)
03	1866	1527	1726
04	1748	1605	1677
05	1742	1699	1721
06	1768	1619	1694
07	1700	1569	1635
DI-10	1797	1655	1726

注 由中科院地质所测试,1996。

3.4 成矿物质来源

3.3.1 微量元素特征

洞子沟银-铜矿区岩石中深源微量元素特征列于表 5。由表 5 可知,矿区岩石中,深源元素 As、Sb、Cd、Ag 的平均含量是陆壳丰度的 2.648.5 倍。这些深源元素可能来源于黄崖关—兴隆同生断裂的喷气作用。

表 5 矿区岩石中深源元素特征
Table 5 Characteristics of the elements from deep origin of the rocks in the ore field

名称	样品数	元素平均含量 $w_B/10^{-6}$				富集系数			
		As	Sb	Cd	Ag	As	Sb	Cd	Ag
砂岩	8	4.42	3.68	0.82	1.75	2.60	8.81	5.45	26.90
火山角砾岩	5	20.70	2.92	7.27	0.74	12.20	6.50	48.50	11.40
闪长玢岩	2	2.96	2.71	0.75	0.15	6.57	6.01	5.03	2.38
陆壳丰度 ¹⁾		1.7	0.45	0.15	0.065				

注 1 由华北地质勘察局中心实验室测试,1996。 1)据黎彤,1976。

3.3.2 硫同位素特征

洞子沟银-铜矿床 6 件硫同位素样品测试结果及概算值见表 6。从表 6 可知,洞子沟银-铜矿床 $\delta^{34}S$ (‰)变化范围为 -0.49 ~ 1.91, $\delta^{34}S\S\S$ (‰)概算值为 -0.3,据此可以认为矿床硫同位素变化范围窄,硫同位素组成以重硫型为主,接近陨石硫同位素组成,说明洞子沟银-铜矿床中的硫同位素是来自未发生明显同位素分馏效应的原生硫,反映其成矿物质具有深源性。

表 6 洞子沟银-铜矿硫同位素样品测试结果

Table 6 Testing result of Sulfur isotope in the Dongzigou silver and copper deposit

矿物名称	样品数	占硫化物比例 (%)	$\delta^{34}S$ 范围 (‰)	$\delta^{34}S$ 平均值 (‰)	$\delta^{34}S\S\S$ 概算值 (‰)
黄铁矿	3	2	+0.09 ~ +4.90	+1.91	-0.30
黄铜矿	2	3	-0.39 ~ +2.12	+0.87	
黝铜矿	1	40	-0.49	-0.49	

注 由中科院地质所测试,1996。

3.4.3 氢氧同位素特征

本区矿石中石英包裹体氢氧同位素组成特征列于表 7。由表 7 可知,矿区 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 4.24‰ ~ 6.86‰, δD_{H_2O} 为 -73.2‰ ~ -67.5‰。日本黑田等人(1978)认为, $\delta^{18}O_{H_2O} = 4.5‰ \sim 7.0‰$; $\delta D_{H_2O} = -100‰ \sim -60‰$ 时,热液中的水为地幔岩浆水。对比本区氢氧同位素结果,说明本矿床成矿热液中的水以地幔岩浆水为主。

3.4.4 矿物包裹体成分特征

由中科院地质所测定的矿区 5 件石英包裹体成分分析结果计算统计得知,本区石英包裹体的气相成分
万方数据

中, $CO_2/H_2O = 0.15 \sim 0.34$;液相成分中, $Na^+/K^+ = 0.46 \sim 2.77$, $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = 4.82 \sim 13.90$, $F^-/Cl^- = 0.01 \sim 0.25$ 。据林文通(1991)研究,金-银矿床包裹体气相成分中, $CO_2/H_2O < 0.5$ 的为岩浆热液。据范后灏等人(1983)的研究, $Na^+/K^+ < 2$ 、 $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) > 4$ 时为典型的岩浆热液, F^-/Cl^- 很小时,反映原始沉积或热卤水成因。对比洞子沟矿石中石英包裹体成分的分析结果,说明洞子沟矿区的成矿热液主要来源于岩浆,混合了部分海水和热卤水。

表 7 洞子沟银-铜矿氢氧同位素组成特征

Table 7 Hydrogen and Oxygen isotope composition in the Dongzigou silver and copper deposit

样号	测试矿物	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$
D11	石英	14.2	4.24	-73.2
D12	石英	16.8	6.86	-67.5

注 由中科院地质所测试,1996。

4 矿床成因的探讨

综上所述,洞子沟银-铜矿床的矿体仅赋存于中元古界常州沟组中,沿黄崖关-兴隆同生断裂的次级断裂及层间滑动构造带充填交代成矿。成矿温度为中温状态,成矿物质主要来自深源地幔和下地壳,成矿热液主要来自地幔岩浆水,混合了部分海水和热卤水。主成矿期为中元古代大红峪期。

基于上述因素,可将洞子沟银-铜矿床成矿过程分析如下 中元古代早期,由于构造应力作用,华北陆壳发生强烈的拉伸裂隙,形成阶梯式裂隙盆地,在将军关-洞子沟Ⅲ级裂隙盆地边缘形成了黄崖关-兴隆等一系列同生断裂。伴随裂隙盆地的形成,盆地遭受海浸,开始接受陆相-海相沉积。由于裂隙盆地不断扩大,盆地边缘的同生断裂不断活动发展,致使大红峪期区域上发生较强的拉伸运动,区内黄崖关-兴隆同生断裂往深部发展,切穿岩石圈,达到软流圈,造成地幔岩浆上隆。随之,由地幔岩浆分异的富含 Au、Ag、Cu、As、Sb、Cd 等的成矿热液沿同生断裂上升,在上升运移中又萃取了上地幔和下地壳的大量成矿元素。当成矿热液上升到中元古界常州沟组时,因为砂岩层孔隙度

大、性脆,并由于地幔上隆,引起砂岩中的次级断裂及层间滑动构造的形成,使地压释放。再由于减压造成成矿热液沸腾,并沿减压的次级断裂及层间滑动构造带发生喷气-喷流-充填-交代作用,使 Au 等成矿元素在一定的物理、化学条件下沉淀成矿。常州沟组砂岩之上的串岭沟组巨厚的泥质岩层,在成矿时起了封闭阻挡作用,使成矿热液有足够的时间在成矿构造中反复沸腾,反复沉淀,交代成矿,形成了洞子沟银-铜矿床的主体。

随着大红峪期构造活动的不断加强,同生断裂规模不断扩大,继而形成了开放-半开放系统,地幔岩浆随之上侵,沿次级断裂贯入,形成超浅成岩脉、次火山岩、火山角砾岩,或沿同生断裂喷出海底,形成喷气喷流燧石岩、碧玉岩和中基性火山岩。

洞子沟银-铜矿床形成之后的次火山、火山岩浆活动和中生代燕山期的大规模构造运动,对本矿床有叠加、改造或破坏作用,但这对本矿床的成因不起主导作用。

参考文献：

[1] 陆松年. 在华北地台中元古界中寻找金、银矿床的思路与前景[J]. 前寒武纪研究进展,1997,20(1):12-16.
[2] 秦正永. 燕山地区与变质核杂岩-伸展构造有关的金、银矿找矿远景[J]. 前寒武纪研究进展,1997,20(2):37-43.
[3] 杨昌正. 洞子沟银(铜金)矿床地质特征及成矿机制探讨[J]. 有色金属矿产与勘查,1996,5(2):75-80.
[4] 段焕春. 河北洞子沟银多金属矿矿物标型特征及找矿意义[J]. 地质与勘探,2004,40(1):55-59.
[5] 段焕春. 河北洞子沟银多金属矿稀土元素特征及成矿模式探讨[J]. 矿产与地质,2003,17(6):673-678.

GEOLOGIC CHARACTER AND GENESIS OF THE DONGZIGOU SILVER AND COPPER DEPOSIT, XINGLONG, HEBEI PROVINCE

ZHAO Ying-fu, LU Zeng-yao

(Comprehensive Reconnaissance Team of North China Nonferrous Metals
Geo-exploration Bureau, Yanjiao, Hebei, 065201, China)

Abstract It is considered that the ore fluid of the deposit is origin in mantle magmatic water mixed with sea water according to the study of geologic feature, metallogenic temperature, era and matter source of the deposit. The ore matter is mainly derived from crust in depth and mantle and enriched in favourable strata and physical-chemical condition through exhalation-spout of syngenetic fault. The genesis of the deposit belongs to hydrothermal-exhalation stratabound deposit of syngenetic fault.

Key Words silver and copper deposit; genesis; geologic character; discussion; syngenetic fracture; spout; stratabound