

文章编号: 1001-1412(2000) 03-0193-11

冀北银矿床类型、矿床地质地球化学、 地史—演化模式及找矿方向

杨敏之

(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 对冀北 17 个银矿床的地质调查和 5 个大—中型银矿床地质、地球化学剖析研究基础上, 从银矿床产出的区域地质、矿床地质、控矿地质条件、围岩蚀变、矿石类型、成矿机理、成矿时代和成矿物质演化上, 确定了冀北银矿床有 3 个成矿系列, 8 种矿床类型。提出牛圈子为火山喷气-热泉型银矿床; 蔡家营为古喷气-热水沉积变质-热液叠加型铅锌银矿床; 银冶岭为层控-热液叠加型铅锌银矿床的新认识。建立了冀北银矿床成矿模式和地史演化的区域成矿模式, 指出找矿方向。

关键词: 银矿床; 矿床类型; 成矿地质地球化学; 地史—演化模式; 找矿方向; 冀北

中图分类号: P618.52; P612

文献标识码: A

1 冀北银矿床产出地质背景、矿床类型、成矿系列

冀北银矿床产出于华北地台与内蒙—大兴安岭褶皱带交接地带, 北部以康保—围场 EW 向深断裂与内蒙褶皱带相毗邻, 南以青龙—密云深断裂与冀东前寒武纪隆起区相邻。出露有元古界、中生界地层、古生代—中生代花岗岩、基性—超基性岩和中生代火山岩, 是构造—岩浆—火山作用频繁活动地带, 为我国重要的银、银—金、铅—锌—银矿床的密集区。

据银矿床产出的地质构造位置, 冀北出现 3 个银矿成矿带: ①丰宁—平泉—围场成矿带(北带); ②崇礼—赤城—蔡家营成矿带(中带); ③相广—密云—冰沟成矿带(南带)。银矿床呈现 5 个密集区: ①牛圈子—营房; ②围场—满汉图—扣花营; ③平泉—承德; ④蔡家营—青羊沟; ⑤相广—银冶岭—冰沟。

据银矿床产出的地质条件、岩石建造类型、成矿机理、成矿物质来源, 对冀北银矿床划分了 3 个成矿系列、8 种矿床类型(表 1)。

收稿日期: 2000-05-11; 修订日期: 2000-06-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(49273174)资助。

作者简介: 杨敏之(1931—), 男, 山东安邱人, 教授, 博士生导师, 长期从事金属矿床地质、地球化学研究工作。

表 1 冀北银矿床成矿系列、矿床类型表

Table 1 Metallogenic series and types of Ag ore deposits in North Hebei Province

成矿系列	银矿矿床类型	代表性矿床
含银火山岩岩石建造 有关银矿成矿系列	1. 火山沉积-火山热液银矿床 2. 火山喷气-热泉型银矿床 3. 火山-热液型银矿床	满汉图 牛圈子 扣花营
含银变质岩岩石建造 有关银矿成矿系列	1. 古热水沉积-热液叠加型 2. 变质-热液叠加型	蔡家营 青羊沟 营房
含银碳酸盐岩岩石建造 有关银矿成矿系列	1. 沉积-成岩型矿床 2. 沉积变质-热液叠加型 3. 沉积变质-气液叠加型	高板河 银冶岭 八家子

2 银矿床成矿的地质地球化学特征

2.1 牛圈子银矿床

2.1.1 控矿地质条件 牛圈子银矿床位于 SN 向的牛圈—老虎坝断裂上,为 SN 向断裂与 EW 向断裂会聚地带,为一大型银矿床,矿区内发育有晚侏罗世(140~145 Ma)张家口组流纹质晶屑凝灰岩、流纹岩、粗面岩、安山粗面岩和火山角砾岩,总厚 1 400~2 000 m;还出露有海西期粗粒黑云母花岗岩(220 Ma)和燕山期细粒花岗岩(160 Ma),矿区西部和南部出露有下元古界红旗营子组黑云石榴石斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和黑云斜长变粒岩等变质岩。

2.1.2 矿体分布、围岩蚀变 牛圈子矿区现共有 26 个银矿体,矿体呈漏斗状,上大下小,延深 50~158 m,最大延深 410 m(79 线),厚度 1.00~2.60 m,走向 5°~10°,倾向 SE,倾角 48°~60°,延长 40~100 m,矿石内 $w(\text{Ag}) = 300 \times 10^{-6}$,高者可达 607.81×10^{-6} ,银的品位在空间上的变化构成一球体(图 1)。银矿体产于海西期粗粒花岗岩与火山角砾岩接触带内,近矿体处出现硅化带→绢云母+水云母+石英带→绿泥石带,上部为硅化带,下部出现微斜长石带,外围为绿泥石化带和碳酸盐化带,沿银矿体蚀变带长 1 000 m,宽 100~300 m。

2.1.3 矿石类型、成矿阶段 据矿物组合银矿石有 4 种类型:①银金-黄铁矿-方铅矿-闪锌矿矿石;②金-黄铁矿矿石;③银-黄铁矿矿石;④银-金-黄铁矿矿石。矿石构造有角砾状构造、网脉状构造、晶簇构造、晶洞构造、圆球状构造、气泡状构造、多孔状构造、同心圆状构造。矿石结构有交代残留结构、包含结构、固熔体结构、粒状结构。在矿石中新鉴定出 α -螺状辉银矿、铜铈辉银矿和金银矿(表 2)。银矿床形成过程中有 4 个阶段:①气液流体-岩石交代作用阶段;②喷气阶段;③闪锌矿-黄铁矿-热泉阶段;④方铅矿-银矿成矿阶段。

2.1.4 成矿机理、成矿物质来源 牛圈子银矿石内石英气液包裹体类型、形态、均一法侧温结果(表 5)说明,牛圈子银矿床从喷气-沸腾阶段气液比 25%~30%到热泉-富集银矿成矿阶段气液比 10%~15%,成矿温度从 360 到 165~185 (图 2),银矿成矿主要在低温阶段(130~190)。牛圈子成矿流体包裹体内液、气相成分测定结果见表 3,成矿流体内富有 Cl^- , SO_4^{2-} , Na^{1+} , N_2 , H_2 , 成矿的物理化学参数见表 4,压力 780 Pa、盐度 $w(\text{NaCl}) = 46.34\% \sim 45.96\%$ 、 $\text{pH} = 7.64 \sim 9.81$, $\text{Eh} = 0.76 \sim 0.78$,矿化度(MC)= $0.129\,51 \sim 0.209\,04 \text{ kg/L}$ 。通过矿石矿物

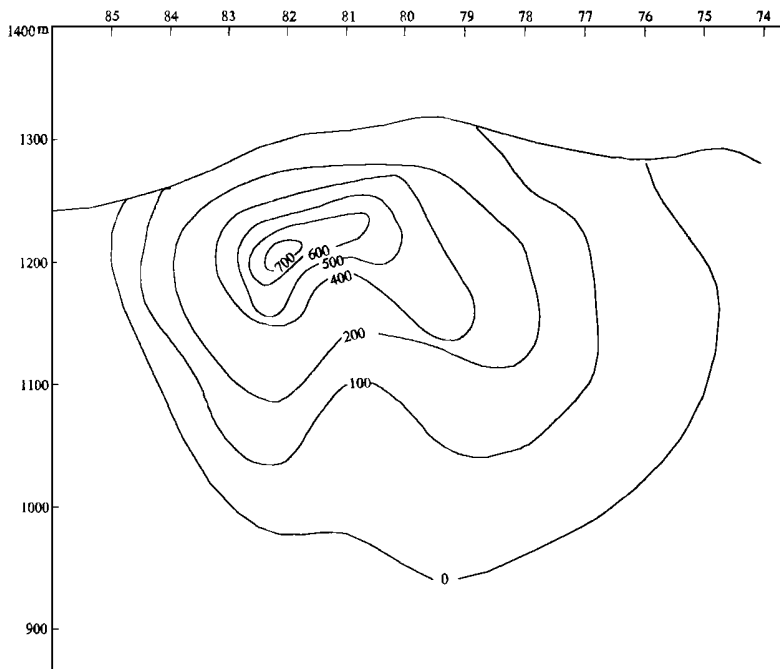


图 1 牛圈子银矿床银的品位等值线图(据 514 地质队资料补充)

Fig.1 Isopleth of Ag grade of Niujuanzi Ag deposit

方铅矿 Pb-Pb 同位素测定结果(表 6),说明牛圈子银矿床成矿物质来源于下地壳,石英包体内 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $1.31 \times 10^{-3} \sim 4.15 \times 10^{-3}$, δH 为 $-98.7 \times 10^{-3} \sim -116.9 \times 10^{-3}$,黄铁矿、闪锌矿、方铅矿内 $\delta^4\text{S}$ 为 $+3.3 \times 10^{-3} \sim +5.2 \times 10^{-3}$,这都说明银、铅、锌成矿物质来源于下地壳,成矿晚期有大气降水的加入。从银及其有关元素区域地球化学特征上看,下元古界红旗营子组上部岩段为富含银、铅、锌的矿源层,牛圈子银矿成矿物质来源于红旗营子组变质岩。

2.1.5 矿床类型、矿床成矿模式 根据:(1)银矿体内银的品位等值线变化成圆球状、漏斗状;(2)银矿石内具有气泡状-多孔状构造、圆球状构造、升华-被膜状构造;(3)银富集时的温度为 $130 \sim 190^\circ\text{C}$,属低温热泉(高盐度)成矿;(4)成矿流体主要为液相包体,气液比为 $10\% \sim 15\%$ 。我们认为牛圈子银矿床为喷气-热泉型矿床。银矿床的成矿模式见图 3。

表 2 冀北丰宁牛圈子银矿物电子探针分析结果($w_{\text{B}}/\%$)

Table 2 Electronic probe analysis of Ag minerals from Niujuanzi Ag deposit

序号	样品编号	矿物名称	Ag	Au	Cu	Sb	As	Bi	Pb	Se	Te	S
1	N15-5	α 螺状硫银矿	83.91	0	0.20	0	0.23	0.10	0	0.09	0.15	13.67
2	N14-4-1	α 螺状硫银矿	85.82	0	0.05	0	0	0.13	0.08	0.06	0.09	14.60
3	N14-4-2	辉银矿	84.90	0	0.21	0	0.35	0	0	0.02	0.17	14.30
4	N13-1	铜锑辉银矿	78.13	0	2.21	5.76	0.73	0.48	0.64	0.09	0.06	9.71
5	N13-2-1	铜锑辉银矿	82.80	0	1.76	7.53	0	0.02	0.29	0	0.05	6.07
6	N15-5	金银矿	44.98	52.36	0	0	0.02	0	0	0	0.09	0

表 3 牛圈子银矿床成矿流体包裹体液、气相成分表($w_B/10^{-6}$)

Table 3 Composition of fluid and gas facies for inclusions from Niujuanzi Ag deposit

样品 编号	名称	液 相 成 分							气 相 成 分						
		F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca	Mg	H ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	H ₂ O
N-14	牛圈子第一阶段石英	3.20	48.20	13.60	8.480	51.50	4.590	0.00	0.79	3.50	0.00	0.00	0.00	20.0	222.00
N-16	牛圈子第二阶段石英	6.13	96.00	5.97	6.72	85.30	8.92	0.00	1.08	6.50	0.00	0.00	0.00	16.0	186.00

* 北京有色地质研究所分析测试中心测定。

表 4 牛圈子银矿床成矿流体包裹体物理化学参数

Table 4 Physiochemical parameters of fluid inclusions from Niujuanzi Ag deposit

样品 编号	名称	物 化 参 数								
		压力/ Pa	盐度/ %	矿化度 g/L	pH	Eh	R	logf _{H₂}	logf _{CH₄}	logf _{CO₂}
N 14	牛圈子第一阶段石英	780.00	26.34	129.51	7.64	- 0.76	0.860	1.41	- 2.39	- 2.62
N 16	牛圈子第二阶段石英	780.00	45.96	209.04	7.81	- 0.78	1.490	1.61	- 2.33	- 2.56

样品 编号	名称	物 化 参 数								
		logf _{CO₂}	logf _{O₂}	Na/ K	Na/ (Ca+ Mg)	F/ Cl	CO ₂ / H ₂ O	H	C	O S Cl
N 14	牛圈子第一阶段石英	1.39	- 29.96	10.37	19.51	0.12	0.04	1.73	1.00	2.00 0.31 2.99
N 16	牛圈子第二阶段石英	1.36	- 30.02	21.52	16.63	0.12	0.04	2.97	1.00	2.00 0.17 7.43

表 5 牛圈子银矿床气液包裹体特征

Table 5 Characteristics of fluid inclusions in Niujuanzi Ag deposit

成矿阶段	类型	大小/ μm	气液比/ %	均一温度/
喷气—沸腾阶段	含液态 CO ₂ 包体	3.6 × 4	25 ~ 30	360 ~ 365
	含液态 CO ₂ 包体	3.6 × 3.6	15 ~ 20	250 ~ 260
第 热泉阶段(中温)	液体包体	3.6 × 2.5	10 ~ 15	220 ~ 230
	液体包体	3.6 × 2.5	10 ~ 15	165 ~ 200
第 热泉阶段(低温)	液体包体	3.6 × 3.6	10 ~ 15	185 ~ 190

表 6 冀北银矿床方铅矿及岩石 Pb-Pb 同位素及参数表

Table 6 Pb-Pb isotopic analysis and related parameters of ore and rock in Ag deposits in North Hebei Province

序 号	编 号	产 出 地 点	测 试 矿 物	$w(206\text{Pb})/w(204\text{Pb})$	$w(207\text{Pb})/w(204\text{Pb})$	$w(208\text{Pb})/w(204\text{Pb})$	$w(207\text{Pb})/w(208\text{Pb})$	$w(206\text{Pb})/w(208\text{Pb})$	μ	γ	ω	K1	K2	Th/U	模 式 年 龄 (亿 年)
1	Yn-1	营房	方铅矿	16.754 245	15.358 117	37.402 244	0.410 672	0.448 034	7.439	0.062	38.691	5.201	624.048	5.033 5	8.8
2	M-9	满汉图	方铅矿	17.050 387	15.400 003	37.473 134	0.410 960	0.454 987	8.650	0.062	37.349	4.318	602.403	4.179 0	7.0
3	Qn-1	青羊沟	方铅矿	16.590 746	15.225 104	36.609 611	0.415 848	0.453 376	8.399	0.060	34.648	4.125	577.467	3.992 2	8.6
4	N-15	牛圈子	方铅矿	16.766 110	15.317 941	37.293 309	0.410 743	0.449 577	8.546	0.061	37.684	4.410	617.787	4.268 0	8.3
5	Ch2-1	蔡家营	方铅矿	16.762 252	15.364 704	37.463 814	0.410 547	0.447 464	8.633	0.062	38.991	4.517	628.888	4.371 6	8.8
6	N-16	牛圈子	方铅矿	16.629 574	15.272 767	37.732 632	0.411 355	0.448 125	8.479	0.061	37.375	4.408	612.706	4.261	8.8
7	Ch5-3	蔡家营	安山岩	16.835 494	15.392 046	37.417 714	0.411 135	0.449 623	8.682	0.062	38.962	4.438	628.419	4.295 1	8.6
8	Ch6-3	蔡家营	钾长岩	16.167 734	15.186 270	36.416 230	0.417 075	0.443 975	8.481	0.061	36.674	4.324	601.213	4.184 8	11.8

测试单位: 冶金工业部天津地质研究院矿产所

$\mu = w(238\text{U})/w(204\text{Pb})$ $\gamma = w(235\text{U})/w(204\text{Pb})$ $\omega = w(232\text{Th})/w(204\text{Pb})$ $K_1 = w(232\text{U})/w(204\text{Pb})$ $K_2 = w(235\text{U})/w(238\text{U})$

2.2 蔡家营铅-锌-银矿床

2.2.1 产出的地质背景 蔡家营矿区位于区域 NEE 向(60°~70°)韧性剪切带的北部,矿区出现 10°~20° 方向的断裂,控制了银-铅-锌矿体的延展,成矿后有 NW 向断裂切割矿体。矿区内出露的地层主要为下元古界红旗营子群大同营子组,岩性为硅线石斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩、角闪变粒岩和角闪斜长变粒岩,其中夹有大理岩和石墨浅粒岩,属低角闪岩变质相。

2.2.2 矿体展布、围岩蚀变 矿区内出现 5 个矿带,其中 3 号、5 号、2 号矿带内的银-铅-锌矿化好,延展大。3 号脉走向 NWW(280°~290°),倾向 S,倾角 60°~65°;产于角闪斜长变粒岩和黑云斜长变粒岩内,矿体长 1 500 m,宽 500~1 500 m(出露在 1 000~1 500 m 标高),由绿泥石-闪锌矿型矿石组成。5 号矿带由 20 多个矿体构成,走向 280°;倾向 SSW,倾角 65°;单个矿体厚 1~15 m,长 300~1 000 m,延长达 1 800 m,延深 300~500 m。2 号矿带走向 NNE,由 3 个矿体组成,宽 200 m,延长 1 500

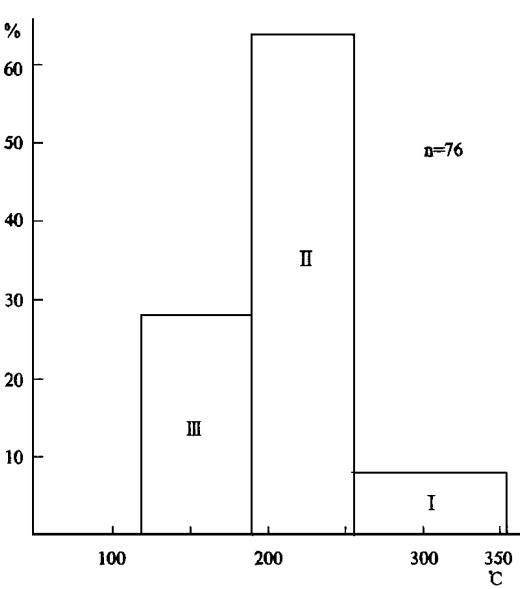


图 2 牛圈子银矿床石英包裹体均一法测温直方图
Fig. 2 Histogram of homogenization temperature of fluid inclusions from Niujuanzi Ag deposit.
: 喷气阶段(265~360 °C)
: 热泉成矿第 II 阶段(200~250 °C)(中温)
: 热泉成矿第 I 阶段(130~190 °C)(低温)

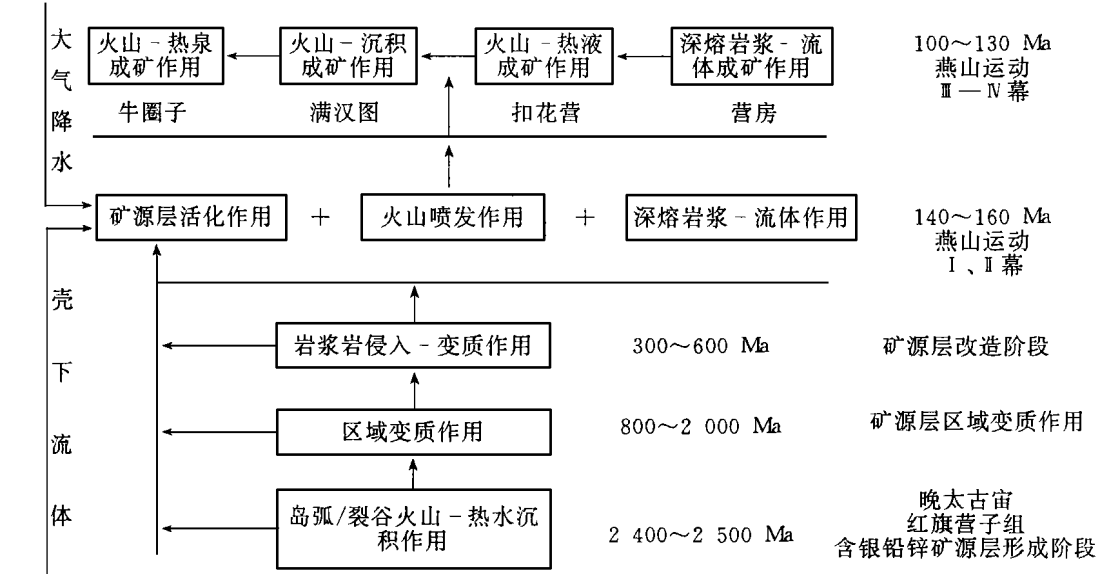


图 3 牛圈子银矿床成矿模式图
Fig. 3 Metallogenic model of Niuquanzi Ag deposit

~ 2 000 m, 延深 400 ~ 500 m。近矿围岩黑云斜长角闪岩内出现有阳起石化岩、黄铁绢英岩, 以及硅化绿泥石化、碳酸盐化、钾微斜长石化、水云母化和氟石化等蚀变。从围岩到矿体出现以下分带: 绿泥石化 → 阳起石化 → 黄铁绢英岩; 围岩黑云斜长变粒岩出现以下分带: 褪色黑云母化 → 水云母化 → 黄铁绢英岩化 → 硅化。各蚀变岩岩石化学平衡计算结果(表 7) 说明成矿流体沿断裂构造进入围岩, SiO₂, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O 和 H₂O 加入, 围岩中 Al₂O₃, TiO₂, FeO, CaO, MgO 被淋失。蚀变岩的稀土元素分析结果(表 8) 和 ρ 值的计算(表 9) 说明水-岩-流体交代作用过程中轻稀土和重稀土元素大部分被淋失。

表 7 蔡家营铅-锌-银矿床蚀变岩岩石化学平衡计算表(巴尔特)

Table 7 Petrochemical equilibrium calculation of alteration rocks in Caijiayingzi Pb-Zn-Ag deposit.														
氧化物	黑云斜长角闪岩(CH5-1)				阳起石岩(CH5-4)				黄铁绢英岩(CH5-5)					
	w _B /%	分子数	阳离子数	单位晶胞离子数	w _B /%	分子数	阳离子数	单位晶胞带出数	离子带入带出数	w _B /%	分子数	阳离子数	单位晶胞带出数	离子带入带出数
SiO ₂	51.00	850.00	850.00	466.80	59.48	991.33	991.33	487.71	20.91	57.23	953.83	953.83	471.61	4.81
Al ₂ O ₃	16.24	159.22	318.44	174.88	16.57	162.45	324.90	159.84	- 15.04	8.27	81.08	162.16	80.18	- 94.70
TiO ₂	1.66	20.80	20.80	11.42	0.66	8.27	8.27	4.07	- 7.35	0.51	6.39	6.39	3.16	- 8.26
Fe ₂ O ₃	4.50	28.19	56.39	30.97	6.55	41.04	82.08	40.38	9.41	9.17	57.46	114.91	56.82	25.85
FeO	6.14	85.51	85.51	46.96	1.17	16.29	16.29	8.01	- 38.95	1.55	21.59	21.59	10.67	- 36.29
CaO	5.87	104.82	104.82	57.56	0.80	14.29	14.29	7.03	- 50.53	2.59	46.25	46.25	22.87	- 34.69
MgO	3.56	88.56	88.56	48.64	1.18	29.36	29.36	14.44	- 34.20	2.11	52.49	52.49	25.95	- 22.69
K ₂ O	4.14	43.59	87.90	48.27	4.84	51.38	102.76	50.56	2.29	3.82	40.55	81.10	40.10	- 8.17
Na ₂ O	2.90	46.82	91.20	50.09	0.15	2.43	4.85	2.39	- 47.70	2.35	37.96	75.93	37.54	- 12.55
P ₂ O ₅	1.18	8.32	16.64	9.14	1.58	11.14	22.28	10.96	1.82	3.39	23.89	47.78	23.62	14.48
MnO	0.15	2.12	2.12	1.16	0.06	0.84	0.84	0.41	- 0.75	0.11	1.55	1.55	0.77	- 0.39
CO ₂	1.22	27.73	27.73	15.23	0.54	12.28	12.28	6.04	- 9.19	2.85	64.78	64.78	32.03	16.80
H ₂ O ⁺	1.27	70.56	141.11	77.49	6.26	347.78	695.56	342.20	264.71	8.97	498.33	996.67	492.79	415.30

测试单位: 天津地质研究院测试中心

表 8 蔡家营铅-锌-银矿床稀土元素含量分析表(wB/ 10⁻⁶)

Table 8 REE analysis of Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit																						
编号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Ho	Tm	Tb	Dy	Er	Y	Yb	Lu	ΣREE	Σ _L REE	Σ _H REE	Σ _L /Σ _H	δ _{Eu}	δ _{Ce}
Qn-1	黑云 斜长片麻 岩	75	140	19	69	10	1.8	8.7	1.2	0.69	1.2	5.9	5.5	36	4.8	0.97	379.76	314.80	64.96	4.85	0.19	2.98
Qn-2	绿泥 石化片麻 岩	84	160	18	72	10	5.8	8.6	0.61	0.32	0.70	2.8	2.2	14	1.2	0.23	380.46	349.80	30.66	11.41	0.62	3.14
Qn-3	黄铁 绢英岩	20	41	6.7	20	3.4	0.99	2.5	0.42	0.32	0.60	1.3	2.0	3.9	0.22	0.10	103.45	92.09	11.36	8.11	0.34	3.07
Ch-5-1	黑云 闪长角闪 岩	210	420	40	210	25	5.1	15	1.3	0.30	1.8	4.5	3.1	32	3.1	0.28	971.58	910.10	61.48	15.80	0.26	3.36
Ch-5-2	绿泥 石碳酸盐 化岩	60	130	16	72	12	1.8	6.7	2.4	0.64	0.60	7.2	6.7	48	4.6	0.84	369.48	219.80	77.68	3.76	0.19	3.42
Ch-5-3	黄铁 绢英岩	130	220	22	74	12	1.3	5.6	1.6	0.80	0.70	4.6	4.4	19	1.5	0.30	497.80	459.30	38.50	11.93	0.15	2.89
Ch-5-4	阳起 石岩	120	220	21	99	12	2.3	9.8	1.3	0.32	0.70	2.8	2.2	16	1.2	0.21	508.83	474.30	34.53	13.74	0.21	3.12
Ch-5-5	黄铁 绢英岩	37	73	7.9	31	6.1	1.8	6.8	1.2	0.32	0.60	2.7	2.1	12	0.87	0.20	483.59	156.80	26.79	5.85	0.28	3.25

测试单位: 天津地质研究院测试中心

表 9 蔡家营铅锌银矿床稀土元素的 ρ 值计算表

Table 9 REE ρ value calculation for Caijiayingzi Pb-Zn-Ag deposit

序号	编号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Ho	Tm	Tb	Dy	Er	Y	Yb	Lu
1	Q n-2	绿泥石化片麻岩	0.12	0.14	-0.05	0.04	0.00	2.22	-0.01	0.49	-0.54	-0.42	-0.53	-0.60	-0.61	-0.75	-0.76
2	Q n-3	黄铁绢英岩	-0.73	-0.71	-0.65	0.71	-0.66	-0.45	-0.71	-0.65	-0.54	-0.50	-0.78	-0.64	-0.89	-0.95	-0.90
3	Ch5-2	绿帘石化岩	-0.71	-0.69	0.60	-0.66	0.52	-0.65	-0.55	0.85	1.13	-0.67	0.60	1.16	0.50	0.48	1.21
4	Ch5-3	绿泥石化碳酸盐化岩	-0.38	-0.48	-0.45	-0.65	-0.52	-0.75	0.63	0.23	1.67	-0.61	0.02	0.42	-0.41	-0.52	-0.21
5	Ch5-4	阳起石岩	-0.43	-0.48	-0.48	-0.53	-0.52	-0.55	-0.35	0.00	0.07	-0.61	-0.38	-0.29	-0.50	-0.61	-0.45
6	Ch5-5	黄铁绢云岩	-0.82	-0.83	-0.80	-0.85	-0.76	-0.65	-0.55	-0.08	0.07	-0.67	-0.40	-0.32	-0.63	-0.72	-0.47

测试单位: 天津地质研究院测试中心; ρ = (蚀变岩石-未蚀变岩石)/未蚀变岩

2.2.3 矿石类型、成矿阶段 矿石可分为两种类型: (1) 绿泥石-含银方铅矿-闪锌矿矿石, $w(\text{Zn}) = 1\% \sim 15\%$, $w(\text{Pb}) = 0.01\% \sim 0.2\%$, $w(\text{Ag}) = 10 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$; (2) 绢云母-银-方铅矿矿石, $w(\text{Pb}) = 4\% \sim 10\%$, $w(\text{Zn}) = 0.01\% \sim 0.2\%$, $w(\text{Ag}) = 50 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$; 矿石内 $\text{Pb} \quad \text{Zn} = 1 \quad 18 \sim 1 \quad 100$; 矿石内有条带状、细脉浸染状、层纹状、褶皱条带状、脉状、网脉状、团斑状构造, 固熔体结构、晶粒及交代残留结构。矿石矿物主要有 α -辉银矿、银铜硫锑矿、银金矿(表 10)、自然银、金银矿、自然金、辉铋铅矿, 还有铁闪锌矿、含镉闪锌矿、方铅矿、毒砂、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、磁铁矿等, 脉石矿物有阳起石、透闪石、绿泥石、绢云母、石英、方解石和重晶石等。蔡家营铅-锌-银矿床成矿有 5 个阶段: ①水-岩交代作用阶段(出现毒砂); ②黄铁矿-磁黄铁矿-闪锌矿阶段; ③自然金-辉铋铅矿-黄铁矿阶段; ④含银方铅矿-辉银矿-银铜硫锑矿阶段; ⑤自然银-黄铁矿-方解石阶段。

表 10 蔡家营铅-锌-银矿床银矿物的电子探针分析结果($w/w\%$)

Table 10 Electronic probe analysis of Ag minerals from Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit

样品编号	矿物名称	产出矿石	化学式	Ag	Pt	Pd	Au	Cu	S	Pb	Sb	Se	Te
CH-11	银铜硫锑矿	闪锌矿-	$(\text{Ag}, \text{Cu})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{12}$	11.50	0	0	0	28.59	23.21	5.10	27.61	0	0
		方铅矿矿石											
CH-7	α -辉银矿 (螺状辉银矿)	方铅矿矿石	Ag_2S	85.76	0	0	0	0.07	13.29	0.34	0	0.01	0.13
CH-37	银金矿	闪锌矿- 黄铜矿矿石	(Ag, Au)	34.83	0.05	0.02	63.1	0	0	0	0	0	0

表 11 蔡家营铅-锌-银矿床气液包体特征

Table 11 Characteristics of fluid inclusions from Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit

成矿阶段	类型	大小/ μm	气液比/ $\%$	均一法测温/ $^{\circ}\text{C}$
: 变质作用阶段(阳起石-透闪石-铁闪锌矿组合)	含液态 CO_2 包体	4×3.6	含 CO_2 20-25	290
	含液态 CO_2 包体	4×3.6	25	330
: 毒砂-磁黄铁矿-绿泥石阶段	液体包体	5.4×3.6	25	255
	液体包体	4×2	15	210
: 含铁闪锌矿-方铅矿-螺状方铅矿阶段	液体包体	2.5×2.5	10—15	150
	液体包体	4×2.5	10	140

2.2.4 成矿机理、成矿物质来源 对蔡家营各成矿阶段石英包裹体特征(表 11)及均一法测温(图 4)的研究,表明包裹体内气液比为 25%~10%,包体类型从气态 CO₂ 包体→液体包体。包体均一法测温结果说明银矿形成阶段的温度为 130~180 。石英流体包裹体液相成分和形成物理化学参数计算(表 12,表 13)说明各成矿阶段流体液相成分中富含 F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻ 和 Na⁺, 气相成分中富有 N₂, CO₂ 和 H₂O, 成矿的物理化学参数: 压力 780 Pa, pH= 7.05~7.50, Eh= -0.69~-0.74, 盐度 w(NaCl)_{eq}= 48.08%~52.3%。据矿体的地质产状、矿石的物质组成、Pb-Pb 同位素测定结果说明蔡家营银矿床成矿物质来源有两部分: (1) 下元古界红旗营子组变质中-基性、中-酸性火山岩; (2) 下地壳-地幔流体。

2.2.5 矿体类型、成矿模式 据矿体分布、控矿地质条件、成矿机理、水-岩交代作用、成矿作用特征,蔡家营铅-锌-银矿床为古喷气-热水沉积变质-热液叠加型铅锌银矿床。蔡家营铅锌银矿床成矿模式见图 5。

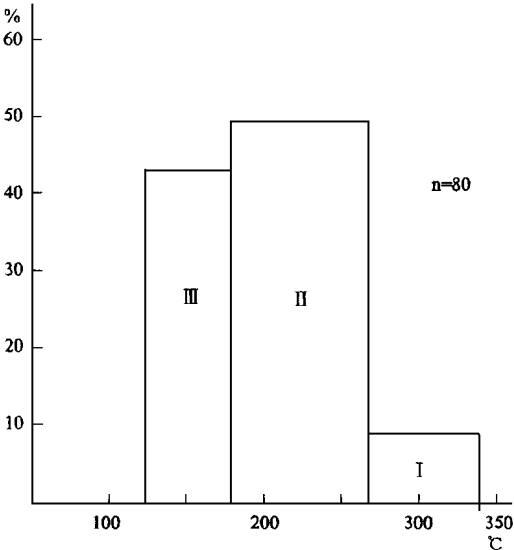


图 4 蔡家营银矿床石英包裹体均一法测温直方图
Fig. 4 Homogenization temperature histogram of quartz inclusion from Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit
: 变质作用阶段(270~340 阳起石-铁闪锌矿组合)
: 毒砂-磁黄铁矿-绿泥石阶段(180~280)
: 含铁闪锌矿-方铅矿-螺状辉银矿阶段(180~130)

表 12 蔡家营银矿床流体包裹体液、气相成分(w_B/ 10⁻⁶)

Table 12 Composition of gas and fluid facies of fluid inclusions from Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit

样品 编号	名 称	液 相 成 分							气 相 成 分							
		F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K	Na	Ca	Mg	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	H ₂ O
Ch-1	第一阶段石英	6.10	118.0	13.80	14.90	87.10	15.90	0.00	0.13	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	44.0	210.00
Ch-3	第二阶段石英	2.95	26.3	6.61	7.38	29.70	3.63	0.00	1.22	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	24.0	339.00
Ch-2	第二阶段石英	5.00	125.0	15.10	11.70	80.40	15.00	0.00	0.62	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	12.0	186.00

表 13 蔡家营银矿床流体包裹体物理化学参数

Table 13 Physiochemical parameters of fluid inclusions from Caijiaying Pb-Zn-Ag deposit

样品 编号	名 称	物 化 参 数									
		压力/ Pa	盐度/ %	矿化度/ g/ L	pH	Eh	R	logf _{H₂}	logf _{CH₄}	logf _{CO₂}	
Ch-1	第一阶段石英	780.00	48.08	0.255 8	7.37	- 0.72	0.060	0.630	- 2.38	- 2.61	
Ch-3	第二阶段石英	780.00	11.34	0.076 57	7.05	- 0.69	1.120	1.42	- 2.57	- 2.80	
Ch-2	第二阶段石英	780.00	52.37	0.252 20	7.50	- 0.74	1.130	1.380	- 2.31	- 2.54	

续表 13

样品 名称	名称	物 化 参 数										
		logf _{CO₂}	logf _{O₂}	Na/ K	Na/ (Ca+ Mg)	F/ Cl	CO ₂ / H ₂ O	H	C	O	S	Cl
Ch-1	第一阶段石英	1.75	- 29.80	9.91	9.53	0.10	0.09	0.13	1.00	2.00	0.14	3.32
Ch-3	第二阶段石英	1.29	- 29.92	6.82	14.22	0.21	0.03	2.24	1.00	2.00	0.13	1.36
Ch-2	第二阶段石英	1.25	- 30.07	11.6	9.32	0.07	0.03	2.26	1.00	2.00	0.58	12.9

2.3 银冶岭铅锌银矿床

该类型银矿床分布于密云银冶岭、兴隆高板河和辽宁省建昌八家子等地,银矿床产出于中元古界长城系高于庄组三段含硼锰白云岩、灰质白云岩、燧石白云岩内。区域上该银矿带沿 NEE 向展布,受中元古代燕辽裂陷槽的控制,含银的碳酸盐岩石内夹有钠质基性火山岩,为一套热水-沉积岩系。

据矿床产出的地质背景、矿石类型、成矿机理、成矿过程和成矿作用,该类铅-锌-银矿床应属层控-热水沉积变质-气液叠加型铅锌银矿床。区域上,由于矿床形成过程中各成矿阶段发育程度的差异,可分为3种类型:(1)热水沉积-成岩型(高板河);(2)热水沉积-弱变质-热液叠加型(银冶岭);(3)热水沉积-气液叠加型银矿床(八家子)。该类型铅锌银矿床的成矿模式见图6。

3 地史-演化区域成矿模式

据构造-岩浆-火山作用-成矿作用的地史-演化、含银成矿流体的物质来源、成矿机理、成矿过程、成岩成矿的同位素地质年代,说明冀北铅锌银矿床的形成具有三阶梯-地史-演化的

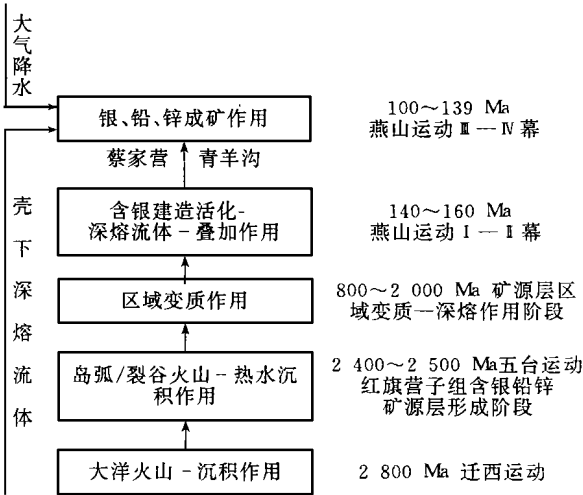


图5 蔡家营铅-锌-银矿床成矿模式图
Fig.5 Metallogenic model of caijiaying Pb—Zn—Ag deposit

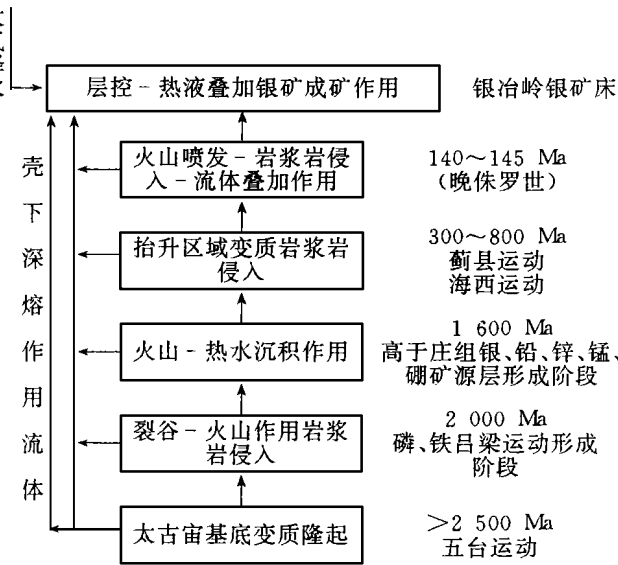


图6 银冶岭铅锌银矿床成矿模式图
Fig.6 Metallogenic model of Yinyeling Pb—Zn—Ag deposit

区域成矿模式: (1) 早元古宙(2 334 Ma U-Pb 法) 火山喷气-热水沉积作用形成铅锌银第 矿源层; (2) 中元古宙(1 600 Ma) 古裂谷-热水沉积作用形成铅锌银第 矿源层; (3) 中生代晚侏罗世(150~160 Ma) —早白垩世(100~130 Ma), 深熔岩浆(为第 矿源层或第 矿源层经变质-深熔形成的岩浆) 流体+ 壳下流体+ 大气降水, 形成第 矿源层。冀北地质历史发展过程中, 第 、 、 矿源层的形成、继承演化, 构成了冀北铅锌银矿床形成的地史演化区域成矿模式。

4 找矿方向

(1) 进行区域化探工作, 圈定 Pb, Ag, Zn, Au, Cu, Sb, Bi 异常区; (2) 以 3 个含银岩石建造为基点进行找矿; (3) 加强银矿床类型组合及成矿系列的找矿; (4) NEE 向与 NNE 向断裂发育及其复合地域是找矿重点区域; (5) 加强牛圈子—营房外围及深部、蔡家营—青羊沟、满汉图—扣花营、涿鹿相广、崇礼地区的找矿工作。

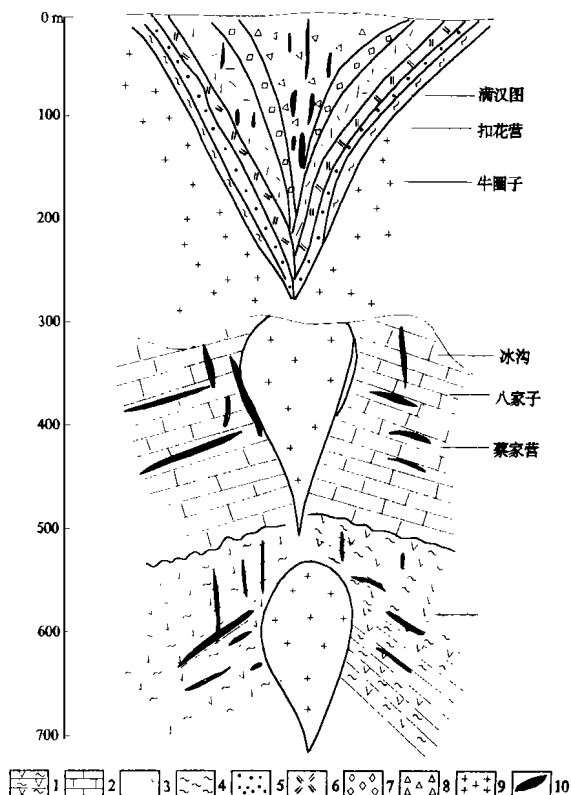


图 7 冀北银矿床铅-锌-银矿床地史-演化区域成矿模式
Fig. 7 Geohistoric evolution regional metallogenic model of Ag, Pb-Zn-Ag deposits in North Hebei province.

1. 红旗营子组斜长角闪片麻岩 2. 高于庄组晶质页岩
3. 上侏罗系流纹英安岩 4. 绿泥石化带 5. 高岭石化带
6. 水云母-硅化带 7. 碳酸盐-硅化带
8. 萤石化-碳酸盐-蛋白石化带 9. 花岗岩 10. 银矿体

参考文献:

- [1] 杨敏之. 冀北银矿床含矿流体-交代作用特征、形成机理及其演化模式[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 1027-1028.
- [2] 杨敏之. 超大型金、银矿床会聚成矿论——以胶东、冀北为例[A]. 中国地质学会矿床地质专业委员会. 第五届全国矿床会议论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1993. 158-159.
- [3] 杨敏之. 改造-活化大陆地壳岩石-矿物组合、成矿作用地球化学的演化序列[A]. 欧阳自远. 中国矿物岩石地球化学学会第五届年会论文集[C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1994. 228.
- [4] 丁悌平, 蒋少涌, 万德芳. 华北元古宙铅锌成矿带稳定同位素研究[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992. 2-7, 61-84.
- [5] 芮宗瑶, 施林道, 方如恒. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 5-21, 383-417.
- [6] Honma H, Shikazono N. Hydrothermal Synthesis in gold, electrum and Argentite[J]. The Canadian mineralogist, 1991,

29(2): 217-222.

- [7] Bimhall G H. Preliminary fraction Patterns of ore metals through earth history[J]. Chemical Geology, 1987, 64: 1-16.
- [8] Muntean J L. Evoluton of the Monte Negro acid sulfate. Au-Ag deposits, Pueblo Viejo Dominican Republic[J]. Economic Geology, 1990, 85(8): 1738-1758.
- [9] Yang Minzhi. Continental Mobile Au-Ag deposits Association, Metallogenic series and Models-Case studies in Jiaodong and Jibei Area[A]. Geology and mineral Resources proceedings of MM I[C] Beijing: Intenation Academic Pullishers, 1996. 54-58.

TYPES OF Ag DEPOSITS IN THE NORTH HEBEI PROVINCE AND GEOLOGY, GEOCHEMISTRY, GEOHISTORY EVOLUTION MODEL, ORE-SEARCHING DIRECTION OF THE Ag DEPOSIT

YANG Min-zhi

(Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China)

Abstract: The author investigated 17 Ag deposits of which 5 are large-medium size on basis of geology, geochemistry, regional geological setting, ore-controlling conditions, wallrock alterations, ore types, metallogenic mechanism, ore formation stages, metallogenic evolution recognizing three metallogenic series and 8 types of Ag ore deposit. Niujuanzi is a volcanic exhalation-hot spring Ag deposit; Caijiaying, a exhalation-hot water precipitation-hydrothermal fluid overprint Pb, Zn, Ag deposit; Yinyeling, a stratabound-hydrothermal fluid overprint Pb, Zn, Ag deposit. Based on the results metallogenic model and regional geohistory evolutionary metallogenic model of the deposits are established and the ore-searching directions are pointed out.

Key words: deposit type; metallogenic geology and geochemistry; geohistory-evolution model; ore-searching direction; the North Hebei Province.