doi:10.6053/j.issn.1001－1412.2022.01.002

河北省承德县磴西—烟筒山一带银铅锌多金属矿地质特征及矿床成因

张向宁,贾小杰,李艳翔,马晓辉,张雪,宋利明
(中国冶金地质总局地球物理勘查院,河北 保定 071000)

摘要: 河北省承德县磴西—烟筒山一带银铅锌多金属矿位于温家沟—东山断裂带内,区内已知有姑子沟银铅锌矿、富豪银矿,以及新发现的富含金银的锌多金属矿。矿体多为隐伏矿体,受断裂破碎带的控制;矿体呈单脉、复脉状产出,有分支复合特点,银-铅锌-金等多金属矿共生;同位素地球化学特征和包裹体地球化学特征显示,成矿元素、硫和热液主要为地壳深部的岩浆来源,与燕山晚期的浅成-超浅成侵入岩有关,成矿温度为中温-中高温,成矿压力 250×10^5～350×10^5 Pa,成矿深度 0.9～1.3 km,成矿时代为早白垩世晚期,略晚于石英斑岩的形成;矿床类型为与燕山晚期浅成-超浅成岩浆和断裂破碎带有成因联系的中温-中高温岩浆热液型矿床。

关键词: 磴西—烟筒山地区;银铅锌多金属矿;矿产地质特征;矿床成因;河北省
中图分类号: P618.4 **文献标识码:** A

0 引言

河北省承德县磴西—烟筒山一带是银多金属矿化集中分布的地区,河北省地质四队和华北地质勘查局五一四队曾在该区开展地质找矿工作,并于 20 世纪 90 年代发现并勘查了姑子沟中型银铅锌矿和富豪银矿等金属矿床,这 2 座矿山现已经开采了多年。2010—2016 年,中国冶金地质总局地球物理勘查院在上述 2 个矿区含矿构造的延长部位及矿区外围开展银铅锌多金属矿的普查、详查工作,圈定锌多金属矿体 18 个①。对于冀北地区银多金属矿的研究多为成矿区带方面的研究[1-5]②,矿床地质的研究多围绕丰宁地区的典型矿床进行,对承德姑子沟地区银多金属矿床研究文献的数量较为有限[5-10]。本文以新发现富含金银的锌多金属矿地质特征、矿床成因为重点,结合姑子沟银铅锌矿和富豪银矿的矿床地质-地球化学特征,对磴西—烟筒山一带银铅锌多金属矿的地质特征和矿床成因进行阐述,为冀北地区的同类矿床进一步找矿提供参考。

1 成矿地质背景

承德县磴西—烟筒山一带位于中朝准地台北缘内蒙古地轴与燕山台褶皱带的衔接部位,丰宁—隆化深断裂带东段的温家沟—东山断裂带内。温家沟—东山断裂带横亘全区,由一系列大致平行、压性逆冲断裂构成,总体走向近 EW,局部有波状弯曲,倾向 N,倾角 70°～86°,遭受 NW 向和近 SN 向断裂的错动,显示西段窄、东段宽的特点,断裂带宽约 1 km。该断裂带形成于新太古代五台期,后经吕梁、海西、燕山等构造运动叠加改造,燕山期的活动尤为强烈,岩浆热液非常发育,形成了多金属矿床(化)该断裂带集导岩、导矿和容矿于一体。新太古界单塔子群南店子组变质岩系与中元古界长城系碳酸盐岩之间的不整合面沿该断裂带的北盘发育,长城系高于庄组呈长条状楔形嵌于断裂带之间,燕山期花岗岩、石英斑岩和下白垩统大北沟组火山-火山碎屑岩

收稿日期: 2021－01－21; **责任编辑:** 余和勇
作者简介: 张向宁(1984—),男,工程师,从事地质与矿产勘查工作。通信地址:河北省保定市竞秀区阳光北大街 139 号,中国冶金地质总局地球物理勘查院;邮政编码:071000;E-mail:931063418@qq.com

分布在主断裂带的南侧。矿床的形成与早白垩世末的酸性浅成-超浅成岩浆热液及相关断裂破碎带有密切的联系[7]。

2　矿床地质特征

2.1　矿区地质概况

(1)地层。太古宇单塔子群南店子组一段(Arn^1),主要分布在研究区的北部,岩性主要为角闪斜长片麻岩;长城系常州沟组(Chc),岩性主要为石英岩状砂岩、褐色石英砂岩、含砾粗砂岩底砾岩;长城系高于庄组一段(Chg^1),主要分布在温家沟—东山断裂带(F_1,F_2)附近,岩性为硅质白云岩和含碳泥质白云岩,局部见大理岩化白云岩;下白垩统大北沟组一段二亚段(K_1d^{1-2}),分布于研究区中部地区,为陆相火山岩和火山碎屑岩,主要岩性有粗安岩、英安岩和凝灰岩(图 1)。

(2)构造。研究区处于区域性温家沟—东山断裂带中,主断裂带包括 F_1、F_2 和 F_3 等 3 条断裂,呈 EW 向平行产出。F_2 断裂为主断裂,由主断裂面、平行的次级断裂面和裂隙构成。工程揭露断裂带宽度 10～60 m。东段的产状为 EW 走向,西段转为 NWW 走向,倾向 N,倾角 50°～87°;断裂在平面和剖面上均显示舒缓波状的特征;断裂的次级构造及裂隙发育,分支复合明显;断裂上盘主要为长城系高于庄组白云岩、常州沟组石英砂岩和太古界南店子组角闪斜长片麻岩,局部可见花岗岩,断裂下盘为高于庄组白云岩、大北沟组粗安质含砾凝灰岩和火山角砾岩、燕山晚期石英斑岩等;构造破碎带内主要发育构造角砾岩,伴有硅化、黄铁绢英岩化、青磐岩化、碳酸盐化等蚀变,锌多金属矿化产于断裂破碎带中,并严格受断裂带的控制。

研究区中部及南部分布有 F_4、F_5 和 F_6 断裂,为

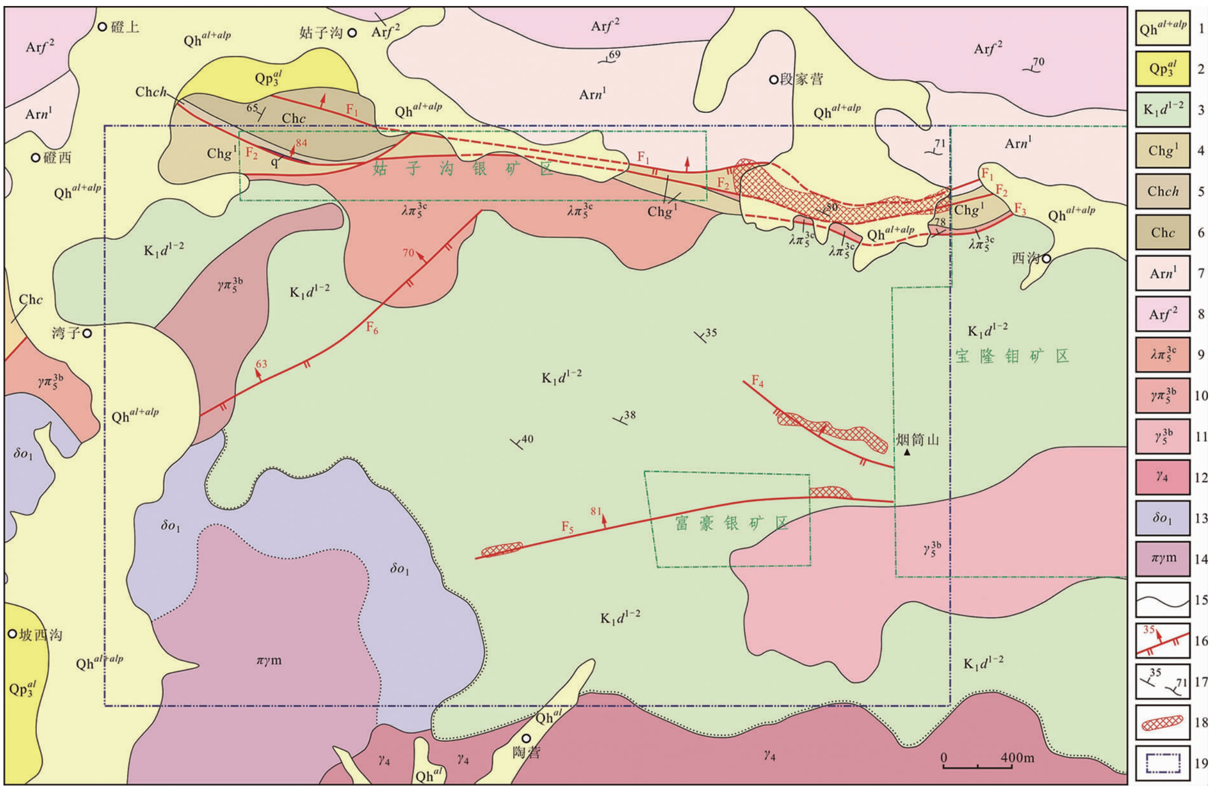

图 1　承德县磴西—烟筒山一带银铅锌多金属矿地质简图

Fig. 1　Geological diagram of Ag-Pb-Zn polymetallic deposit in Dengxi-Yantongshan area, Chengde county

1. 全新统:冲积、冲洪积物;2. 上更新统:冲积物;3. 下白垩统大北沟组一段二亚段;
4. 长城系高于庄组一段;5. 长城系串岭沟组;6. 长城系常州沟组;7. 太古界南店子组第一岩性段;
8. 太古界凤凰山组第二岩性段;9. 早白垩世石英斑岩;10. 早白垩世花岗斑岩;11. 早白垩世花岗岩;
12. 晚古生代花岗岩;13. 太古代石英闪长岩;14. 斑状混合花岗岩;15. 地层界线;
16. 断裂;17. 产状;18. 矿化带范围;19. 研究区范围

EW 向主断裂南侧的次级断裂。①F_4 断裂：断裂产于大北沟组地层之间，其产状与地层一致，属于层间破碎带的性质，断裂在研究区内长度约 780 m，向东至区外仍有延伸，断裂宽度 3～6 m；断裂面呈舒缓波状，总体走向 NW 向，倾向 NE，倾角 35°～55°；断裂的上下盘岩石均为大北沟组灰黑色熔结晶屑凝灰岩，断裂带中为碎裂状蚀变岩，具有金属矿化，局部构成锌多金属矿体；②F_5 断裂：断裂总长度约 2400 m，向东延至区外，断裂宽度 3～10 m 不等；断裂走向近 EW，倾向 N，倾角 85°；断裂产于大北沟组英安岩和粉红色粗安岩之中，断裂带岩石为蚀变的碎裂状岩石，并具有锌多金属矿化，局部构成工业矿体；③F_6 断裂：断裂长约 2000 m，走向 NE，倾向 NW，倾角 60°～70°，断裂中局部见黄铁矿化和金矿化，未能形成工业矿体。

(3)岩浆岩。研究区的西南部发育太古代似斑状混合花岗岩($\pi\gamma m$)和石英闪长岩(δo_1)，二者呈渐变过渡关系；研究区南部边缘有晚古生代海西期花岗岩株出露；燕山晚期的岩浆侵入体多见，沿 EW 向断裂构造带由南向北依次有花岗岩(γ_5^3)、花岗斑岩($\gamma\pi_5^{3b}$)、石英斑岩($\lambda\pi_5^{3c}$)的先后侵入，这些岩体的侵入到下白垩统大北沟组中，应为早白垩世晚期的产物；频繁强烈活动的酸性浅成-超浅成小岩株是区内成矿的热动力和流体的主要来源，酸性斑岩体(如石英斑岩)在空间上与区内的多金属矿化关系密切。

2.2 矿体特征

矿体主要赋存于 F_2、F_4 和 F_5 断裂构造破碎带内，含矿构造带由主断裂和次级断裂、裂隙构成，形成了主矿体和诸多平行的小矿体。矿体为富含金银的锌多金属矿。其中，锌矿化的规模较大、连续性好，为矿区的主要矿种；金、银为共生矿种；铅、铜、硫、铟为伴生矿种。

矿区中共圈定锌矿体 18 个，异体共生金矿体 5 个；异体共生银矿体 2 个。其中，6 号矿体为区内的主矿体，锌多金属矿石中富含金银，成矿的主元素为 Zn，共生元素为 Ag 和 Au，伴生有用元素为 Pb、Cu、S 等；6 号矿体受主断裂 F_2 的控制，近 EW 向贯通研究区，向东延入宝隆钼矿区内，向西则进入姑子沟银矿区。矿体的围岩主要为长城系高于庄组一段硅质白云岩，矿体顶板局部可见花岗岩或蚀变花岗岩；矿体形态为薄脉状、扁透镜状，局部有膨大收缩、分支复合现象。矿体总体走向近 EW 向，西端矿体略向北西偏转，呈 NWW 向，倾向 N，倾角 50°～89°；矿体走向长度 1222 m，最大倾斜延深 519 m；矿体的东端出露于地表，向西逐渐变深，最大埋藏深度 490 m；矿体厚度最大值 12.20 m，最小值为 0.21 m，平均厚 2.11 m，厚度变化系数 123%，属厚度变化不稳定类型。矿体赋存标高 +128～+872 m。

次要矿体有 1 号、1-1 号、2 号、2-1 号、4-1 号、4-2 号、4-3 号、4-4 号、5 号、5-1 号、7 号、7-1 号、8 号、8-1 号、8-2 号、10 号，均与 6 号矿体处于同一构造破碎带内，但矿体的规模较小(表 1)。

表 1 矿区次要矿体特征

Table 1 Secondary orebody characteristics

矿体编号	规模/m				形态	产状(°)			品位 w(Zn)/%		矿体埋深/m	赋存标高/m
	长度	斜深	厚度	厚度变化系数/%		走向	倾向	倾角	Zn	品位变化系数/%		
1	120.00	79.85	1.61	41	薄脉状	近 EW	N	79	2.40	38	38.81～65.5	667.92～707.06
1-1	40.00	40.00	1.27	/	薄脉状	近 EW	N	88	1.68	/	139.69	688.18～764.93
2	60.00	68.21	6.00	122	薄脉状	近 EW	N	75	1.65	6	104.25～188.38	603.46～743.12
2-1	38.00	40.00	3.01	/	薄脉状	近 EW	N	89	1.84	/	311.76	518.58～557.10
4	201.00	204.32	4.43	125	薄脉状	近 EW	N	82	1.38	42	187.37～253.65	422.29～617.19
4-1	98.00	40.00	1.76	88	薄脉状	近 EW	N	81	2.31	10	240.21～278.00	551.37～590.52
4-2	40.00	24.32	1.37	/	薄脉状	近 EW	N	85	2.02	/	28.92	769.72～792.19
4-3	40.00	27.89	5.30	/	薄脉状	近 EW	N	80	1.30	/	20.31	799.56～824.99
4-4	117.00	40.00	1.79	51	薄脉状	近 EW	N	87	1.24	21	286.31～309.69	495.31～582.31
5	40.00	131.93	1.61	22	薄脉状	近 EW	N	76	1.50	2	286.88	384.46～516.25
5-1	40.00	35.23	1.98	/	薄脉状	近 EW	N	75	1.05	/	369.84	407.21～442.65
7	276.00	167.38	1.55	55	薄脉状	近 EW	N	78	1.57	81	327.04～429.32	250.07～476.18
7-1	40.00	28.41	1.13	/	薄脉状	近 EW	N	80	2.60	/	436.85	412.32～439.78
8	40.00	214.38	1.08	68	薄脉状	近 EW	N	80	2.11	68	0.00	657.25～872.72
8-1	40.00	28.60	1.00	/	薄脉状	近 EW	N	79	2.13	/	450.74	399.32～425.64
8-2	40.00	139.65	1.82	31	薄脉状	近 EW	N	73	1.03	15	413.67	259.10～402.13
10	128.00	181.23	2.66	82	薄脉状	近 EW	N	77	1.40	57	0.00～228.44	0～227.59

2.3　矿石特征

锌多金属矿体多为盲矿体,埋藏较深,地表氧化矿石极少,主要为原生硫化物矿石。原生矿石具中细粒半自形-他形晶粒结构、乳滴状结构、交代结构、包含结构、固溶体分离结构等。闪锌矿、方铅矿彼此紧密共生镶嵌(图 2a,图 2b,图 2c),呈半自形-他形粒状结构,粒径多在 0.03～0.7 mm,局部方铅矿半自形晶体达 4 mm,闪锌矿晶体最大可达 5 mm;银矿物以不规则微粒状包裹体嵌布在方铅矿和闪锌矿中,形成典型的包含结构;在闪锌矿基底中有乳滴状黄铜矿(图 2d、图 2e);非金属矿物白云石、方解石形成交代结构和交代残留结构。矿石多为浸染状构造,少量致密块状构造、条带-网脉状构造、角砾状构造等。矿石矿物:闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、银黝铜矿、辉银矿、银金矿等;脉石矿物:石英、白云岩、方解石、绿泥石和黏土类矿物等。

闪锌矿。为主要的矿石矿物之一,矿石中闪锌矿含量 10%～20%,多呈半自形晶粒状结构,粒径 0.3～5 mm,少数具有双晶。可大致分为早晚 2 个世代,早世代闪锌矿不透明,呈黑色,含量较少,多以粒径不等的圆粒状散布于方铅矿中(图 2a),还常见固溶体分离作用形成的乳滴状或线状黄铜矿、网格状黄铜矿产于闪锌矿中。晚世代闪锌矿半透明,为浅红褐色-灰色,镶嵌于方铅矿中,偶见黄铜矿固溶体。闪锌矿与方铅矿共生,二者镶嵌关系复杂,相互溶蚀、互为包裹的现象较为普遍。

方铅矿。矿石中方铅矿的体积分数为 5%～10%,多呈半自形-他形不规则粒状的集合体,粒径 0.5～4.0 mm;显微镜中可见到 2 个世代的方铅矿:第一世代方铅矿多交代黄铁矿,黄铁矿呈交代残余,有少量的银黝铜矿包裹于方铅矿中;第二世代方铅矿铅灰色,偶见 3 组解理,形成细小的黑三角孔(图 2a、图 2b),包裹少量的银黝铜矿和辉铜矿;方铅矿与闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、石英共生;方铅矿颗粒的边缘多为港湾状,并以细条纹、蠕虫状交代闪锌矿。

黄铁矿。矿石中黄铁矿为浅黄色,多以他形-半自形不规则粒状或集合体产出,呈脉状或星点状分布(图 2a)。

黄铜矿。黄铜矿为铜黄色,主要以不规则粒状、乳滴状,呈稀散浸染状产出;镜下黄铜矿有 2 个世代,第一世代大面积分布;第二世代黄铜矿呈乳滴状、线状固溶体赋存于闪锌矿中,在矿石中分布不均匀。

磁黄铁矿。呈淡黄色,不规则粒状,镜下粒径为 0.02～0.1 mm,晶体非均质性明显。

银矿物。主要为银黝铜矿、辉银矿、自然银和银

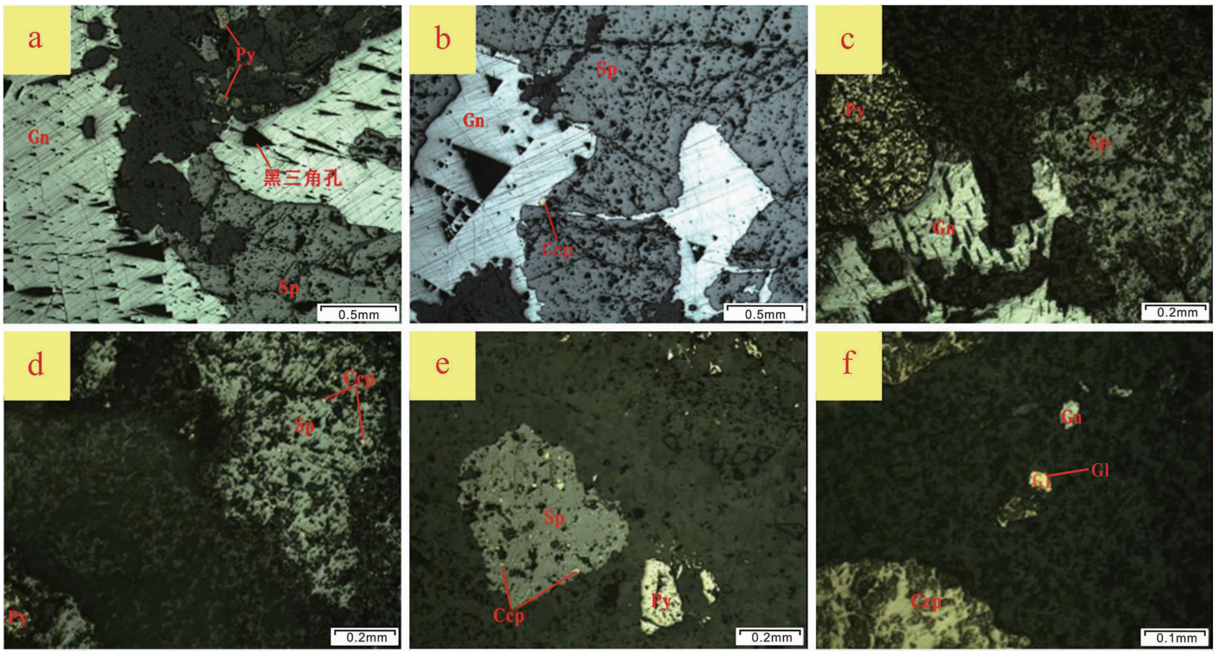

图 2　金属矿物的嵌布特征

Fig. 2　Dispersion characteristics of metallic minerals

a,b,c. 闪锌矿与方铅矿;d,e. 乳滴状黄铜矿;f. 自然金;

Sp. 闪锌矿;Gn. 方铅矿;Py. 黄铁矿;Ccp. 黄铜矿;Gl. 自然金

金矿等。其中，银黝铜矿、辉银矿最为多见。①银黝铜矿：钢灰色，表面具晕色，镜下多呈浅棕灰色或微绿色，均质体；多呈粒状包裹在方铅矿中，或呈细脉状产于铅锌矿物的晶隙间，粒径多为 0.002～0.15 mm，大者达 0.5 mm；②辉银矿：不规则粒状，粒径 0.03～0.12 mm，与黄铜矿连生或呈微脉状，分布于方铅矿、闪锌矿晶粒中，个别与方铅矿连生；③自然银：亮白色，微粒状，部分呈微细脉状，颗粒大小为 0.02～0.05 mm，大者可达 0.16 mm，常产在银黝铜矿的边缘；④银金矿：亮黄色，呈显微不规则粒状，粒径一般 0.04～0.125 mm，少数＜0.04 mm，个别大者 0.25 mm，呈树枝状、不规则粒状包裹体，产于方铅矿、黄铜矿、黄铁矿中及石英裂隙中，偶见与闪锌矿连生产出。

自然金。多呈裸露金、包裹金形式产出，裸露金占 90.91%，包裹金占 9.19%；裸露金粒径 0.04～0.1 mm，呈树枝状、窝状、不规则粒状，产于方铅矿、黄铜矿、黄铁矿及石英裂隙中(图 2f)，金的成色 510～770。

2.4　矿物生成顺序及矿物组合

根据矿物形状、颗粒大小、共生、交代和穿插等嵌布的关系，矿石中金属矿物的生成先后顺序为：黄铁矿→闪锌矿→黄铜矿→方铅矿→银黝铜矿→辉银矿→银金矿。

依据岩矿鉴定结果，矿石可分为 2 种矿物共生组合：①石英-闪锌矿-方铅矿-银黝铜矿-辉铜矿-银金矿组合，多出现于矿化体的中心部位；②闪锌矿-方铅矿-方解石-绿泥石组合，多出现于矿体的边部或旁侧。

2.5　围岩蚀变

矿区的变质与蚀变较为复杂，不同时代、不同地质作用、不同类型围岩产生的变质叠加混杂。主要有青磐岩化、硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化、菱锰矿化和泥化等。其中，与岩浆热液及金属矿化作用有关的蚀变主要有硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化。宏观上蚀变具有一定的分带性，由中心向外依次为银铅锌多金属矿化带→硅化＋碳酸盐化带→绢英岩化带。同时，蚀变又与围岩的岩性(关系即矿物组合)有一定的关系：当围岩为白云岩时，硅化和碳酸盐化较为发育；当围岩为闪长玢岩或片麻岩类时，则往往出现黄铁绢英岩化；当围岩是火山碎屑岩时，多出现硅化和青磐岩化。

2.6　成矿阶段

依据以上分析，可将成矿阶段划分为石英-硫化物阶段和碳酸盐阶段。

(1)石英-硫化物阶段。可分为早、晚 2 期。石英-硫化物阶段的早期主要以石英、黄铁矿为主，另有少量方铅矿、闪锌矿等；石英-硫化物阶段的晚期有大量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿等硫化物及其固溶体晶出，另有包裹于硫化物之中或在硫化物粒间呈微细脉产出的银黝铜矿、辉银矿、银金矿。金矿物呈微-细脉状沿铅锌矿物及石英的裂隙产出，富集处可形成独立金矿体，为石英-硫化物阶段晚期产物。

(2)碳酸盐阶段。主要金属矿物有方铅矿、银黝铜矿和菱银矿等，脉石矿物主为方解石、绿泥石、绢云母和高岭土；方解石以细脉状产于矿石的微裂隙中。

3　矿床成因讨论

3.1　成矿时代

磴西—烟筒山地区的银多金属矿均明显受断裂破碎带的控制，包括近 EW 向、NE 向和 NW 向断裂。其中，F_1、F_2 和 F_3 断裂破碎带中被卷入的地层有太古界南店子组变质岩、长城系碳酸盐岩-碎屑岩、下白垩统大北沟组火山岩-火山碎屑岩等，被断裂切割最晚的地质体为侵入于下白垩统大北沟组火山岩的早白垩世石英斑岩。

关于大北沟组的地层时代，主要涉及热河生物群和陆相火山岩系的形成年代，多年来争议不断。近年来通过大区域生物地层学和同位素年代学的研究，获得了较为统一的认识。柳永清等[11]根据滦平盆地大北沟组上部的凝灰岩、凝灰质砂岩和张家口组顶部流纹质熔结凝灰岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄数据；将大北沟组的形成年代限定于 135～130 Ma 这个范围内，其上限与中国地层委员会、中国地质调查局编制的《中国地层表(2014)》[12]是一致的。

为确定姑子沟矿区的银多金属矿的成矿时代，选择石英-硫化物阶段形成的金属矿物黄铁矿、闪锌矿，进行单矿物 Rb-Sr 等时线年龄测定，经计算获得等时线年龄为 101.0 Ma±4.7 Ma，锶同位素的初始比值$(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0.71221$[6,9]，表明姑子沟银铅锌矿床的主要成矿阶段(石英-硫化物阶段)的地质时代为早白垩世晚期，明显晚于大北沟期火山-沉积活动，与稍早侵入的浅成-超浅成酸性斑岩体形成时间吻合，因此推断磴西—烟筒山地区银多金属成矿与燕山晚期的酸性岩浆活动在时间上具有同时性特

点。

3.2　成矿环境

(1)成矿温度。根据姑子沟矿区矿石中的 6 种矿物(包括闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、石英、菱锰矿、和方解石共 14 件样品)的爆裂法包体测温结果,矿区热液成矿期的温度区间为 225～355℃。其中,方铅矿、闪锌矿的爆裂温度为 259～341℃,可以分成 2 个区间,并与矿物生成的 2 个世代相吻合;黄铁矿的温度为 225～341℃,范围较为宽泛,显示黄铁矿结晶的持续时间比较长;石英的温度大部分>300℃,属于较早晶出的热液期矿物;方解石和菱锰矿的温度在 245～315℃范围内,表明形成时间较晚。另据矿物对的硫同位素平衡指示温度显示,成矿温度的范围为 254～370℃,与包体测温结果相符[7-8]。据此推测,磴西—烟筒山地区银多金属矿的成矿温度为中温-中高温范围。

(2)成矿压力。结合姑子沟矿区矿物包裹体成分研究结果,利用成矿溶液 H_2O-CO_2 体系中 CO_2 的浓度与温度、压力的热力学关系,计算出矿床的成矿压力约为 250×10^5～350×10^5 Pa[7]。石英的形成温度为 350℃,压力为 350×10^5 Pa;形成温度为 300℃时,相应的压力为 250×10^5 Pa。方解石的形成温度为 300℃时,压力为 325×10^5 Pa;形成温度为 250℃时,相应的压力为 250×10^5 Pa[8]。经估算,研究区在成矿时的深度为 0.9～1.3 km,属浅成-超浅成矿床的范围。

3.3　成矿物质来源

(1)硫同位素。姑子沟硫化物的 $\delta^{34}S=-0.85\times10^{-3}$～$4.515\times10^{-3}$,烟筒山硫化物的 $\delta^{34}S=1.67\times10^{-3}$～$3.70\times10^{-3}$,数值中大多数为正小值,具有明显的塔式效应,$\delta^{34}S$ 的分布范围集中,表明矿石中的硫源均一,源于深部的岩浆硫[7-9]。

(2)铅同位素。姑子沟、烟筒山矿床的矿石铅同位素组成稳定,样品在坎农三角图中落于正常铅的范围内;依据正常铅的 μ 值和 ω 值计算获得的 $w(Th)/w(U)=3.85\pm0.07$,而与陨石铅的 $w(Th)/w(U)$ 比值(3.8 ± 0.1)相比,二者非常一致;在铅同位素构造判别图解[9]中,样品投入下地壳范围内,指示矿石中铅的深源特征。

(3)氧同位素。姑子沟矿区矿石中石英和方解石的 $\delta^{18}O=5.06\times10^{-3}$～$10.47\times10^{-3}$[7-8],方解石的 $\delta^{18}O=5.06\times10^{-3}$～$8.80\times10^{-3}$[9];在 δD—$\delta^{18}O$ 图解中,石英样品投点基本落入原生岩浆水的范围,而方解石样品的投点则落在岩浆水区的下方;$\delta^{18}O_{水}=4.92\times10^{-3}$～$6.20\times10^{-3}$,平均 5.24×10^{-3},明显呈现出向大气降水区漂移的趋势[7],表明成矿流体中的水主要源于岩浆热液,并有大气降水的部分参与。

(4)碳同位素。姑子沟矿区样品的 $\delta^{13}C=-0.7\times10^{-3}$～$-4.5\times10^{-3}$,介于幔源岩浆碳同位素($\delta^{13}C=-7\times10^{-3}$)和海相沉积碳酸盐岩碳同位素($\delta^{13}C=0$)之间,显示出二者混合的特征[5];在 $\delta^{18}O_{SMOW}-\delta^{13}O_{PDB}$ 图解[13]中,方解石样品的投点范围位于花岗岩区、地幔多相体系(原始碳酸盐岩)区的左侧,推测是大气降水影响的结果[14]。

(5)随着岩浆的演化和 $w(SiO_2)$、$w(K_2O+Na_2O)$ 值的增高,燕山晚期花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩中的 Ag、Pb、W、Mo 等成矿元素呈富集的趋势[7],表明燕山晚期酸性浅成-超浅成侵入岩是成矿金属元素的主要提供者。

3.4　矿床类型

磴西—烟筒山地区位于温家沟—东山断裂带中,银多金属矿体的产状、形态、厚度变化均受到断裂破碎带的严格控制。金属矿体沿走向、倾向具有波状变化,与断裂面的产状一致。矿体多呈单脉或复脉产出,具有分支复合特点,并伴有平行的小矿体。矿体厚大、矿化富集的部位多产于断裂转弯或裂隙密集发育的地段。矿化富集部位大致沿走向呈等距分布,沿倾向方向呈豆荚状产出,延深较大。

围岩蚀变与矿化同时发生,富矿化剂的含矿热液对围岩进行强烈的交代,活泼的碱金属离子进入蚀变岩石,形成硅化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化等围岩蚀变,随着 pH 值有升高,促使热液中的金属络合物分解并游离出来,与硫离子或含硫复杂络阴离子相结合,成为硫化物或硫酸盐矿物。长城系的白云岩不仅是良好的矿化剂,深部的相应层位亦可提供部分成矿物质(如 Pb、Ag),因此也是对成矿有利的岩性①。

因此,磴西—烟筒山一带的银铅锌多金属矿床属于与燕山晚期浅成-超浅成岩浆岩和断裂破碎带有成因联系的中温-中高温岩浆热液型矿床。

4　结语

承德县磴西—烟筒山一带银铅锌多金属矿多为隐伏矿体,呈单脉或复脉,赋存于 EW 向断裂破碎带中,断裂的围岩为燕山晚期石英斑岩、花岗岩和长

城系高于庄组白云岩。Ag、Pb、Zn、Au 等多金属矿共生，石英斑岩附近多金属矿物富集程度高，矿化规模大，显示成矿与燕山晚期浅成-超浅成岩浆活动密切相关，结合本区矿体的形态和产状、矿石结构构造，矿物组合，参考姑子沟等矿区的研究资料，认为本区的矿质主要来源于深源岩浆岩和元古界沉积建造，在燕山期强烈的构造-岩浆作用下，含矿的岩浆热液迁移至浅部，在大气降水的参与下形成了中温-中高温岩浆热液型银铅锌多金属矿床。

注释：

① 中国冶金地质总局地球物理勘查院. 河北省承德县磴上乡烟筒山—磴西一带银铅锌多金属矿详查报告[R]. 石家庄：河北省国土资源局，2015：1－96.

② 陈风河，李随民. 河北省承德地区多金属、贵金属矿床成矿规律及研究方向研究报告[R]. 石家庄：河北省国土资源局，2013.

参考文献：

[1] 杨仕道，胡祥昭. 冀北银多金属成矿规律研究[J]. 矿产与地质，1999，13(4)：217－221.

[2] 毕伏科，肖文暹. 河北省成矿区带和找矿远景区[J]. 地质调查与研究，2006，29(2)：108－114.

[3] 辛建伟，李永刚. 冀北银矿成矿规律及成矿模式探讨[J]. 地质找矿论丛，2007，22(4)：259－263.

[4] 陈德利. 丰宁—隆化金多金属矿带东端区域矿产特征[J]. 新疆有色金属，2014(4)：8－10.

[5] 王志辉. 承德矿集区银多金属矿床成矿规律及找矿方向初探[D]. 南京：南京大学，2015.

[6] 王建，陈风河，刘海龙，等. 承德矿集区姑子沟银多金属矿床 Rb－Sr 等时线年龄约束[J]. 矿床地质，2014，33(S1)：271－272.

[7] 荣桂林，靳松，黄占生. 河北承德姑子沟银铅锌矿床成因研究[J]. 矿床地质，2014，33(S1)：735－736.

[8] 陈春雷，刘新宇，佟文剑，等. 承德姑子沟银多金属矿地质特征及成因[J]. 地球，2015(6)：50－52.

[9] 麻坤，陈风河，李紫烨，等. 承德姑子沟银铅锌多金属矿床硫化物 Rb-Sr 年龄和成矿物质来源分析[J]. 河北地质，2016(2)：6－9.

[10] 万会，常执政，万贵龙，等. 河北承德地区烟筒山—磴西锌多金属矿床地质特征及找矿方向[J]. 地质与勘探，2021，57(5)：959－968.

[11] 柳永清，李佩贤，田树刚. 冀北滦平晚中生代火山碎屑(熔)岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志，2003，22(3)：237－244.

[12] 全国地层委员会，中国地质调查局. 中国地层表[M]. 北京：地质出版社，2014.

[13] 真允庆，束乾安. 中条山铜矿流体碳、氧同位素示踪[J]. 地质调查与研究，2006，29(1)：30－37.

[14] 毛景文，赫英，丁悌平. 胶东金矿形成期间地幔流体参与成矿过程的碳氧氢同位素证据[J]. 矿床地质，2002，21(2)：121－128.

Geological characteristics and Genesis of Ag-Pb-Zn polymetallic deposits in Dengxi-Yantongshan area, Chengdu county, Hebei province

ZHANG Xiangning, JIA Xiaojie, LI Yanxiang, MA Xiaohui,
ZHANG Xue, SONG Liming

(*Geophysical Exploration Academy of China Metallurgical Geology Bureau*, *Baoding* 071000, *Hebei province*, *China*)

Abstract: Ag-Pb-Zn poly metallic deposits in Dengxi-Yantongshan area are located in the Wenjiagou-Dongshan fault zone. Ore bodies of Guzigou Ag-Pb-Zn deposit, Fuhao Ag deposit and the newly discovered Au, Ag-bearing Zn deposits are generally blind single or composite veins controlled by fractural zones and characterized by ramification and compounding. Isotope and fluid inclusion geochemical results show that the ore elements, sulfur and hydrothermal fluid are derived from Magma at deep crust and related to Late Yanshanian epi-super-epi-intrusive rocks. The ore deposits are formed in Early Cretaceous Epoch, slightly later than the quartz porphyry at depth of 0.9-1.3 km under condition of medium-medium-high temperature and 250×10^5-350×10^5 Pa. They are medium-medium-high temperature magmatic hydrothermal deposit related genetically to Late Yanshanian epi-super-epi- Magma and fault zone.

Key Words: Dengxi-Yantongshan area; Ag-Pn-Zn poly metallic ore; mineral and geological characteristics; Genesis of the ore deposits; Hebei province