

华北地块北缘中段铅锌银矿床成矿作用讨论

毛德宝, 钟长汀, 陈志宏, 胡小蝶

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要: 华北地块北缘中段分布着许多大中型铅锌银矿床, 依据其成因特征可划分为四种类型: 沉积喷气型矿床、叠加改造型矿床、与大红峪期碱性火山活动有关的浅成低温热液矿床、与中生代火山-斑岩活动有关的热液矿床。成矿作用具多期多成因的特点: 古元古代火山沉积作用不仅可能形成了区内最早的 VMS 型矿床, 而且成为区内最重要的矿源层; 中元古代早期形成了本区最古老的浅成热液银多金属矿床; 中元古代中期形成了又一期 VMS 型矿床; 而中生代是本区铅锌银最重要的成矿期, 成矿显然受基底的制约。

关键词: 华北地块; 铅锌银矿床; 矿床成因

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

文章编号: 1007-6956(2002)02-0105-08

1 区域铅锌银矿床分布特征概述

华北地块北缘中段是我国铅锌银矿床的重要产区之一, 初步统计区内已有大、中、小型铅锌银矿床 80 余处, 其中大型矿床 5 处、中型 26 处, 有不同规模的 Pb-Zn-Ag 地球化学异常 180 余处。按照分布特征, 本区铅锌银矿床可划分为三个成矿带和一个集中区, 即北东向的灵丘-翁牛特旗成矿带; 东西向的赤城-丰宁-隆化-烟筒山成矿带。东西向的密云-兴隆-喜峰口-锦州-义县成矿带; 此外, 在冀西北张北-沽源-康保一带呈集中分布。灵丘-翁牛特旗成矿带分布于雪峰山-太行山-大兴安岭北东向构造带中, 夹持于大同一张北-正蓝旗和紫金关-昌平-翁牛特旗两个深大断裂之间, 乌龙沟-上黄旗中生代构造岩浆杂岩带及其次级的断层岩浆带控制了 Pb、Zn、Ag 等多金属的成矿作用, 该带赋存了区内 70% 的 Pb、Zn、Ag 矿床, 包括了支家地、小青沟、南赵庄、相广、彭家沟、梁家沟、营房-牛圈、北岔沟门、满汗上、小扣花营、洞子、黄姑屯、大荷兰忽苏、余家窝铺、小营子、放包山等大中型矿床。赤城-丰宁-隆化-烟筒山成矿带位于华北地块北缘中段两个重要次级构造单元的分界

线附近, 北部为长期隆起单元, 南部从中元古代以来经常发生裂隙、拗陷和挤压褶皱, 活动频繁, 中生代强烈的构造岩浆活动控制了 Pb、Zn、Ag 多金属成矿作用, 形成了姑子沟、刘营、东山、烟筒山等矿床。密云-兴隆-喜峰口-锦州-义县成矿带受中新元古代裂隙槽两侧同生断层的形成演化控制, Pb、Zn、Ag 等金属成矿作用主要与裂隙槽内火山喷气活动和沉积喷气活动有关, 晚期被燕山期构造岩浆活动叠加改造, 洞子沟、银冶岭、八家子、高板河等大中型矿床都形成在这一带内。冀西北张北-沽源-康保地区是古元古代红旗营子群的分布区, 同时又发育了中生代的火山活动, 其东北部为沽源火山岩盆地, 西南部分布有大片的汉诺坝玄武岩, 该区分布有蔡家营、青羊沟、兰阎、三道沟、孙家庄等大中型矿床。

2 成因类型

本区铅锌银成矿作用随着地质历史演化具有多期次、多成因、多成矿元素组合的特征, 因此作者以成矿作用为线索, 首先划分成因类型, 然后根据成矿元素组合等成矿特征的不同而命名矿床式, 矿床式的划分是为了突出成矿特征上的差

收稿日期: 2002-02-21

基金项目: 国土资源部科技攻关项目 (95-02-003)

作者简介: 毛德宝 (1964), 男, 研究员, 从事矿床学和前寒武纪地质学研究

异、便于用模式指导找矿，矿床式之间通常具有相互过渡的特点。表 1 给出了上述方案的具体划

分结果，各类型矿床的地质地球化学特征详见表 2。

表 1 华北地块北缘中段铅锌银矿床分类表

Tab. 1 Classification of the Pb-Zn-Ag deposits in the middle north margin of North China Block

类 型		矿 床 式	矿 床 实 例
沉积喷气型		高板河式	高板河、黄土梁子
叠加改造型		八家子式	八家子、梁家沟
		蔡家营式	蔡家营、青羊沟
与大红峪期碱性火山活动有关的浅成低温热液型		洞子沟式	洞子沟
与中生代火山-斑岩活动有关的热液矿床	与中生代火山、次火山岩浆活动有关的浅成低温热液型	相广式	相广、小扣花营、小青沟
	与中生代浅成岩浆侵入活动有关的热液型	北岔沟门式	北岔沟门
		牛圈式	牛圈-营房、姑子沟
		蘑菇峪式	小寺沟、蘑菇峪、大湾

表 2 五种铅锌银矿床成矿特征对比表^[1]

Tab. 2 Comparison of five types of Pb-Zn-Ag deposits in the middle north margin of North China Block

矿床类型	高板河式	蔡家营式	北岔沟门式	相广式	洞子沟式
主成矿期成矿地质背景	中元古代沉积盆地	中生代火山沉积盆地	中生代构造岩浆活动带	中生代火山岩盆地	变质核杂岩
赋矿构造	层面、同生沉积断层	断裂、构造片理、片麻理	岩体与地层的内外接触带	火山-次火山构造	主滑脱面和高角度正断层
成矿元素组合	Pb-Zn-Ag	Pb-Zn-Ag-Au	Pb-Zn-Ag-Au-Mo-Cu	Ag-Mn-Pb-Zn-Au	Au-Ag-Cu-Pb-Zn
金属矿物组合	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和少量的黄铜矿、毒砂、磁黄铁矿、黝铜矿、雄黄	方铅矿、闪锌矿、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、磁黄铁矿、含银硫盐矿物	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、含银硫盐矿物、辉钼矿	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、锰矿物、卤化银矿物	含银硫盐矿物、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、银矿物
围岩蚀变	低温蚀变组合	中温蚀变组合	中高温蚀变组合	低温蚀变组合	低温蚀变组合
地球物理	局部重力低；区域负磁场的局部磁力高，异常幅值为 200 nT ⁺	局部剩余重力正异常；负磁异常；中极化率、中电阻激电异常 ⁺	重力梯度带；正负磁异常的交替部；高极化率、低电阻激电异常	重力梯度带；正负磁异常的交替部；中极化率、中电阻激电异常	重力梯度带；正负磁异常的交替部；中低极化率、中电阻激电异常
地球化学异常元素组合	Pb-Zn-Cd	Ag-Pb-Zn-Sb-Cd-As-Bi	Pb-Ag-Cu-Zn-Mn-Ba-B-Co	Ag-Pb-Zn-Mn-Ba	Ag-Cu-Pb-As-Bi
同位素地球化学	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 16.16~17.30 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb: 15.15~15.96 ¹⁶² Pb/ ²⁰⁸ Pb: 36.12~37.73 δ ³⁴ S: -13.0~+24.1	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 16.79~16.83 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb: 15.05~15.51 ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 36.97~37.84 δ ³⁴ S: -0.5~+10.15	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 16.78~17.08 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb: 15.23~15.43 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 37.21~37.47 δ ³⁴ S: +0.2~+5.2	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 16.17~18.29 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb: 14.68~16.54 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 36.45~40.11 δ ³⁴ S: +0.1~+4.8	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 15.62 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb: 15.06 ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb: 35.46 δ ³⁴ S: -5.2~+3.9

第一种类型矿床是沉积喷气型矿床，以冀东高板河铅锌矿为代表。其成矿作用与中元古代裂

陷槽同生沉积盆地的沉积活动有关。矿床赋存在中元古界高于庄组之中，呈层状、似层状产出。

成矿元素主要是铅、锌和硫铁矿。

第二种类型矿床是叠加改造型矿床，这种矿床的突出特征是具有两期或多期成矿特征，第一期成矿与元古宙洋盆沉积喷气或火山喷气成矿作用有关，第二期是与中生代岩浆活动有关的热液成矿作用，两期叠加，形成了现在的矿床。依成矿特征的不同，将此类矿床划分为两种矿床形式，一是以八家子矿床为代表，该类矿床较多地保留了中元古代高于庄期的成矿特征，受到了中生代岩浆活动的强烈改造富集，有矽卡岩化等热液蚀变特征。另一类是以蔡家营、兰阎、青羊沟等矿床为代表，现在的成矿特征多为中生代活化改造的结果，但在一定程度上还保留了早元古代火山喷气沉积和变质变形改造的痕迹。

第三种类型矿床是与大红峪期碱性火山活动有关的浅成低温热液矿床。以兴隆县茅山一带的洞子沟矿床为代表，该矿床上部矿床富集在常州沟组石英砂岩层理中，下部则产在切割层理的角砾岩筒内，矿体附近有许多大红峪期火山角砾岩筒产出，成矿可能受到燕山期构造活动的再富集。

第四种类型是与中生代火山一斑岩岩浆活动有关的热液矿床，包括两个大的亚类，一是浅成低温热液矿床，以相广为代表，包括小扣花营、满汗土、双井子、小青沟、支家地等，成矿一般以 Ag-Mn 组合为特征，成矿受中生代火山-次火山杂岩体控制，成矿自岩体向外、自下而上 Mn 含量逐渐增加，Pb、Zn 含量减少。二是与中生代浅成岩浆侵入活动有关的热液型矿床，该类型矿床分布最广，成矿元素组合复杂，有 Pb-Zn-Ag、Fe-Zn-Ag、Cu-Pb-Zn-Ag 等，成矿的分带性强，靠岩体内带通常为斑岩型的 Cu-Mo 或 Cu-Pb-Zn，靠岩体外带有时出现矽卡岩型的 Cu-Pb-Zn、Mo-Pb-Zn、Cu-Fe、Zn-Fe 等组合，离开岩体稍远出现 Pb-Zn 或 Pb-Zn-Ag 组合，再远则为 Ag-Pb-Zn、Ag-Au 等组合，依据成矿作用、结合成矿特征和成矿元素组合等将此类矿床划分三个矿床式：北岔沟门式、牛圈—营房式、蘑菇峪式。北岔沟门式矿床具有较好的成矿分带性，从下至上从斑岩型的 Mo 或 Cu-Mo→细脉浸染型的 Cu、Pb、Zn→角砾岩型的 Pb、Zn→浅成热液型的 Ag、Pb、Zn、Cu→浅成热液型的 Ag、Mn，其中以含银的铅锌成矿为主，牛圈式矿床是与浅成侵入岩浆活动有关的中低温热液的 Ag、Au、Pb、Zn 矿床，成矿有的

以 Ag、Au 为主（如牛圈、营房、下营子等）、有的以 Ag、Pb、Zn 组合为特征如姑子沟等。蘑菇峪式矿床是以矽卡岩型和斑岩型为主的矿床，以 Cu-Mo、Fe-Zn、Fe-Mo、Cu-Fe、Mo-Cu-Fe 等成矿为主，在其外 Fe-Zn、Fe-Mo、Cu-Fe、Mo-Cu-Fe 等成矿为主，在其外带通常产有不同规模的 Pb、Zn、Ag 矿体或含较高的 Pb、Zn、Ag，这类矿床分布较多，如蘑菇峪、大湾、木吉村、小寺沟、寿王坟、南赵庄等。显然，从蘑菇峪式到北岔沟门式再到牛圈式成矿深度有变浅、温度变低的趋势，尽管在许多矿区三类矿床同时存在，并有较好的分带特征，但三类矿床同时都很发育的矿区或矿田目前还未发现，往往以一种为主。但在辽宁青城子地区以及江西的德兴地区三类矿床都很发育，这也是在本区找矿中应当关注的问题。

3 古元古代成矿的可能性及蔡家营矿床成因问题探讨

古元古代在世界上是铅锌银多金属矿床的重要成矿期，在华北地块北缘同样不例外，如榆德、荒沟山、张家堡子、大栗子等。冀北地区的古元古代红旗营子群赋存了大量的铅锌银矿床，不能说不与该地层原始铅锌银含量高有关。但是目前对于是否存在早期成矿还有很大争议，一种观点认为矿床都是在中生代形成的，不存在早期成矿的可能性；另一种观点认为成矿经历了多期演化，包括早期海底堆积成矿和矿源层的形成、变质变形改造成矿和中生代岩浆作用的强烈叠加改造。综合研究表明，蔡家营等铅锌银矿床的主成矿期应为中生代，但可能有古元古代成矿作用的存在，其证据如下：①在红旗营子镇马凤祥沟我们观察到在大理岩夹层与变粒岩之间顺层产有块状硫化物矿体，主要由黄铁矿组成，含有少量的铅锌，这明显表明区域内有早期成矿的存在。②对蔡家营、青羊沟等矿床矿体产状和矿石结构构造等大量研究表明，部分矿体沿地层片麻理和层理产出，矿石具变余结构、斑状变晶结构和片麻状构造等^[1]。③表 3 将蔡家营矿床与国内外典型铅锌银矿床的 Pb/(Pb+Zn) 进行对比，可见蔡家营矿床中绿泥石-闪锌矿型矿石的 Pb/(Pb+Zn) 平均比值为 0.034，明显贫铅，与世界上典型的 VMS 型 Cu-Zn 矿床

平均比值^[3-7]、朝鲜检德铅锌银矿床的比值^[8]、荒沟山铅锌矿大部分矿体的比值接近^[8]，而明显不同于北岔沟门、江西银山、冷水坑等典型的与中生代岩浆活动有关的热液充填交代型铅锌银矿床的比值，反映早期贫铅成矿作用存在的可能性。^④矿床具有明显的分带性，即贫铅的矿石一般赋存在矿体的下部或矿体的中央，而富铅的矿石一般赋存在矿体的上部或边部，这一特征与受改造的沉积喷气型铅锌矿床如澳大利亚 Broken Hill 和辽东青城子铅锌矿床相似，反映富铅矿石和贫铅矿石可能是由原来铅含量介于两者之间的同一种矿石在活化改造过程中经过分异作用的产物。^⑤过去对蔡家营矿床矿体产状的研究主要根据钻孔资料，认为矿体呈脉状，受断层裂隙控制。但最近

的采矿证明，深部矿体产状有明显变化，并非简单的脉状，存在有似层状矿体。^⑥物探方法证明，III号和V号矿带具有不同的重磁场特征，其中III号矿带以绿泥石-闪锌矿矿石（含铅低，可能反映早期成矿）为主，根据重磁异常推断矿体总体特征呈褶皱状分布，反映主要受褶皱构造控制；而V号矿带以含铅高的多金属矿石（反映后期活化改造成矿特征）为主，根据重磁异常推断的矿体呈斜列的脉状分布，与钻探工程所揭示的矿体产状一致，反映成矿主要受断层构造控制。张翊钧等（1991）^[9]通过详细研究也发现早期褶皱构造控矿的可能性。^⑦根据黄典豪等（1992）^[9]资料：矿石的 100 Zn/(Zn+Pb) 比值直方图和矿石的稀土元素配分曲线与红旗营子群变粒岩相似。

表3 蔡家营铅锌银矿床与世界上典型铅锌银矿床的 Pb/(Pb+Zn) 比值特征对比表

Table 3 Pb/(Pb+Zn) ratios in the Caijiaying Pb-Zn-Ag deposits comparison to the typical deposits in the world

矿床	Pb/(Pb+Zn)	矿床	Pb/(Pb+Zn)
蔡家营绿泥石-闪锌矿矿石	0.03	陕西厂坝-李家沟	0.16
蔡家营绢云母-多金属矿石	0.61	广东凡口	0.33
世界上典型矿床硫化物矿床:		内蒙甲生盘	0.29
火山喷流型矿床	0.29	与火山-浅成侵入岩有关的矿床:	
古元古代末期沉积喷流型矿床	0.18	江西冷水坑	0.41
密西西比河谷型矿床	多为 0.2±	江西银山	0.50
澳大利亚布罗肯希尔矿床:		河北北岔沟门	0.37
下部含 Zn 高矿体	0.26	浙江五部	0.43
上部含铅高矿体	0.55	湖南黄沙坪	0.43
朝鲜检德铅锌矿床	0.09~0.17	湖南桃林	0.56
荒沟山 7 号矿体	0.57	湖南水口山	0.47
荒沟山其它矿体平均	0.04	美国 Coeur d' Alene	0.48
辽宁青城子层状矿体	0.32	美国 Wallapai	0.38
辽宁青城子脉状矿体	0.81	美国 Harshaw	0.44

4 洞子沟矿床——中元古代早期的浅成热液矿床

洞子沟银矿床是最近在华北地块北缘地区发现的一个大型银矿床，邻近地区还有银冶岭中型

银矿床和众多银矿点。关于该类矿床的成因前人多认为与中生代岩浆作用或中生代拆离断层活动（变质核杂岩）有关。部分研究者如杨昌正（1996）^[10]、胡祥昭等（1999）^[11]、肖成东（1999）^[12]认为主要与中元古代早期大红峪期火山活动有关。

1 李上森，卢祥生，等。国外元古宙铅-锌-铜多金属矿研究进展。研究报告，1990，1-217

2 张翊钧，徐文蒸，杨春亮。冀北地区蔡家营式铅锌银矿控矿构造。研究报告，1991，1-75

3 曹络华等。河北蔡家营铅锌银矿床地球物理、地球化学特征及模式的研究。科研报告，1991，1-118

部分研究者如杨昌正(1996)^[10]、胡祥昭等(1999)^[11]、肖成东(1999)^[12]认为主要与中元古代早期大红峪期火山活动有关,但受到中生代的改造。我们认为该矿床是一个中元古代的浅成低温热液矿床,其证据如下:①矿体上部虽然呈层状、似层状产于常州沟组砂岩层间,但下部产状逐渐变陡、呈切穿围岩的网脉状矿体、发育角砾状构造;部分矿点如后干涧即产于大红峪火山熔岩和火山碎屑岩中;②矿区西北部发育大红峪期火山角砾岩筒,并有次火山岩(碱性辉长岩、正长岩及闪长玢岩)侵入。矿体内可见闪长玢岩脉切穿矿体,闪长玢岩的 Sm-Nd 全岩等时线为 1540Ma(钟长江等,2000)^[15]、 T_{DM} 为 1514 ~ 1907Ma, $\epsilon_{Nd(t)}$ 为 +3 和 +6.8,显示脉岩应是大红峪早期火山活动的晚期产物,来源于亏损地幔,成矿的时间应为大红峪期;③矿石的矿物组合具高硫型浅成热液矿床的特征,如发育硫盐矿物(黝铜矿、银黝铜矿、砷铜矿、深红银矿等)、发育重晶石、萤石和高岭土等脉石矿物;④矿石矿物含有很高的碲化物,如碲银矿、含碲银黝铜矿等,国内外的研究资料表明含碲化物高的成矿作用一般与碱性岩浆活动有关,而大红峪期火山岩恰好属碱性系列和偏碱性的橄榄粗岩系列;⑤矿石硫化物的铅同位素含有较低的放射性成因铅,铅同位素的组成特征明显不同于区内其它铅锌银矿床及金矿床,Pb 同位素组成反映深源铅。铅同位素的模式年龄集中于 1 600 Ma(图 1),与大红峪火山岩的形成时代一致,反映成矿时代;⑥成矿流体为岩浆水和大气水的混合,成矿温度以低温(130~280℃)为主,流体包裹体成分含有较高的 F、K,反映碱性火山流体的参与;⑦矿石矿物石英的结晶程度较低,局部呈玉髓状,含流体包裹体少且微小,可见黄铁矿具葡萄状和草莓状结构,部分矿石具纹层状构造等,都反映浅成低温成矿的特点;⑧与拆离断层(与变质核杂岩有关)有关的贵金属矿床在美国西部盆岭构造区广泛分布,矿赋存在拆离断层上盘上迭武盆地充填的沉积岩中,拆离断层实际上是盆地边缘的同生沉积断层,成矿实际上与同生拆离作用所产生的热卤水活动有关,矿石矿物组分主要是镜铁矿、黄铜矿、黄铁矿和锰矿物,矿化主要为金,含 Pb、Zn、Ag 等硫

化物很少。而洞子沟矿床产于中上元古界与太古宙变质杂岩之间的构造面上部,如果成矿发生在燕山期,那么其成矿机理就与上述典型的与拆离断层有关的金矿床明显不同。如果说成矿一定与拆离断层有关的话,也只能与中元古代的拆离断层有关,因为中元古代燕山地区的伸展运动的强度比燕山期要大得多,同时中元古代的拆离断层是同生沉积断层,控制着燕山拗拉槽的发生发展。值得提出的是,近年来在本区南部蓟县下营子一带也发现一些金矿点产于串岭沟组页岩内的次火山岩筒(具气孔和杏仁构造)和钠质的脉岩中,成矿表现为与串岭沟期岩浆活动有关。因此与中元古代火山活动有关的贵金属矿床的勘查评价是该地区值得重视的一个问题。

5 中生代成矿与前寒武纪基底对成矿的制约

根据矿石矿物同位素年代学测定,结合矿区范围内与成矿有密切成因关系的岩浆岩的同位素年代推断,区内燕山期铅锌银矿床的成矿时代主要集中在 140 ~ 120 Ma 之间^[16-17],如北岔沟门与成矿有关的石英二长岩的颗粒锆石 U-Pb 年龄为 146 Ma,而矿石中辉钼矿的 Re-Os 年龄为 143 Ma;榛柴窝铺和王家窝铺与成矿有关的岩体的锆石 U-Pb 年龄分别为 138 Ma 和 145 Ma;姑子沟、双井子、小扣花营、相广、蔡家营等矿区与成矿密切相关的岩浆岩的 K-Ar 或锆石 U-Pb 年龄分别为 118 Ma、102 Ma、121~134 Ma、118 Ma 和 120~141 Ma。成矿作用发生在侏罗纪末期—白垩纪早期构造-岩浆活动转换过程中,构造上由挤压状态向伸展状态转化,岩浆活动方面由钙碱性-高钾钙碱性系列向橄榄玄粗岩-碱性系列转化。

毋庸置疑,中生代是区内铅锌银矿床的主成矿期,然而综合研究表明,其成矿作用显然受到前寒武纪基底在物源上的制约,燕山期的岩浆活动导致前寒武纪地层中铅锌银元素的活化迁移是成矿的重要机理。其证据如下:①不同学者的研究表明,区内红旗营子群大同营子组、长城系大红峪组和高于庄组、蓟县系雾迷山组角砾状燧石白云岩含有较高的铅锌银元素^[1],且元素丰度的

①胡学文,张满江,等.丰宁—平泉一带红旗营子群基本特征及含矿性报告,研究报告,1993,1—220.

②王金锁.冀北西部银矿成矿地质条件及找矿方向,研究报告,1992,1—149.

③张长江,陈树清,等.河北省北丰县蔡家营铅锌银矿床地质特征、成矿规律及成因,研究报告,1994,1—174.

统计特征多呈总体的正态分布，显示经历了多期活化改造过程；②稳定同位素特别是硫、铅同位素的大气水参与（图 2）；③曾贻善等^[18]曾对八家子地区大红峪组碎屑沉积岩进行淋滤实验证明了其作为成矿物质来源的可能性。此外，区内高于庄组含硅质条带的碳酸盐也可能是重要的物质来源。与成矿有关的火山岩—花岗岩中含有大量表面年龄在 1 600 ~ 2 400 Ma 的继承锆石，反映岩

素地球化学特征显示成矿物质具有多来源性，明显有地壳物质的参与（图 1，表 4）。成矿流体有浆岩的形成过程有古元古代—中元古代物质的加入，火山岩—花岗岩的微量元素、稀土元素和同位素地球化学研究也表明中生代岩浆作用的地球动力学背景是地壳加厚和岩石圈大量减薄^[19]，因而前寒武纪形成的先存地壳物质的重熔对中生代岩浆形成有重要的贡献。

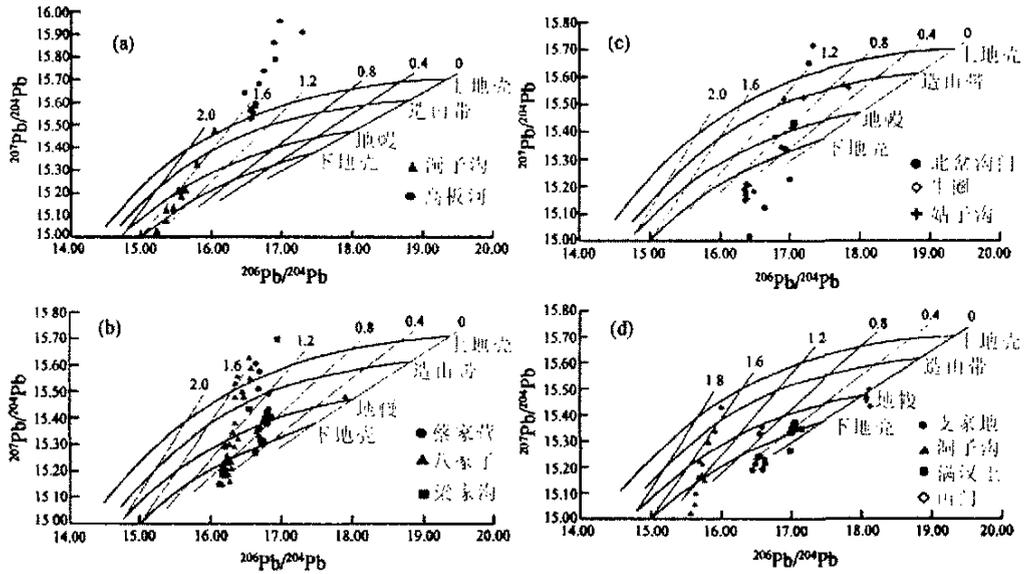


图 1 华北地块北缘铅锌银矿床构造铅同位素模式图

Fig.1 Plumbotectonic model for Pb-isotope of the Pb-Zn-Ag deposits in the region, with growth curves from Zartman and Doe^[15]

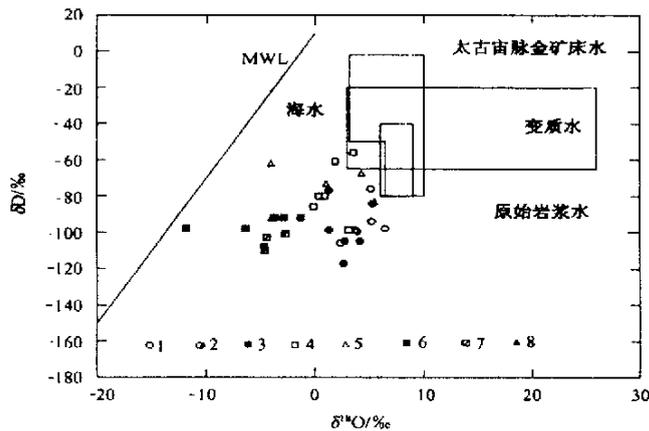


图 2 石英流体包裹体的 $\delta^{18}O_{20}$ - δD 图

(引自 Zartman 和 Doe, 1981)

Fig.2 The $\delta^{18}O_{20}$ - δD diagram for the fluids inclusion of quartz from the Pb-Zn-Ag deposits

1-蔡家营；2-八家子；3-牛圈；4-姑子沟；6-山门；7-北岔沟门；8-支家地

6 结论

(1) 华北地块北缘中段存在古元古代铅锌银成矿作用，它不仅形成了区内重要的矿源层，而且可能有早期形成矿体的存在。

(2) 中元古代是本区重要的铅锌银成矿期，不仅形成了高板河等典型的沉积喷流型铅锌矿床，而且裂隙槽形成早期，形成了与碱性火山作用有关的浅成低温热液矿床——洞子沟银多金属矿床。

表4 华北地块北缘中段铅锌银矿床硫同位素组成特征

Tab.4 The S isotope compositions of the Pb-Zn-Ag deposits in the area

矿床类型	矿床	样数	$\delta^{34}\text{S}\%$ 范围	变化规律
沉积喷气型	高板河	102	-13.0~+24.1	从早期层状 Py→晚期脉状 Py→晚期脉状 Sp→Gn 依次变小
叠加改造型	八家子	103	-8.2~+6.7 (+2.9)	从岩体向外大→小，近岩体矿体同位素达到了平衡，远岩体者不平衡
	蔡家营	66	-1.9~+10.5 (+6.7)	从围岩到矿体到石英斑岩逐渐减小，矿物之间的分馏未达到平衡
	青羊沟	17	-12.9~+3.54 (-0.97)	矿物之间的分馏未达到平衡
与大红峪期碱性火山活动有关的浅成低温热液型	洞子沟	25	-5.2~+3.9 (+1.0)	黄铁矿>黄铜矿>黝铜矿>方铅矿
与中生代火山-斑岩浆活动系统有关的热液型矿床	相厂	3	+0.1~+4.8 (+3.03)	黄铁矿>方铅矿
	满汉土小扣花营	45	-0.13~-10.14 (-3.2)	黄铁矿>闪锌矿>方铅矿
	支家地	24	+0.6~+9.6 (+3.45)	黄铁矿>闪锌矿>方铅矿
	上碌磷湾	5	-4.3~+1.3 (-0.58)	黄铁矿>闪锌矿
	北岔沟门	8	+0.2~+5.2 (+2.94)	黄铁矿>闪锌矿>方铅矿
	姑子沟	48	-6.0~+8.0 (+3.9)	黄铁矿>闪锌矿>方铅矿
	牛圈-营房	24	+2.9~+5.2 (+4.25)	黄铁矿>闪锌矿>方铅矿
	蘑菇峪	2	+5.5~+8.2 (+6.8)	

(3) 燕山期是本区铅锌银成矿作用的主期，表现在不仅形成了许多新的矿床，而且对早期矿床进行了不同程度的改造，但成矿作用明显地受到了前寒武纪基底在物源方面的制约。

(4) 华北地块北缘中段的铅锌银矿床具有三个主要成矿期：古元古代、中元古代和中生代，形成了四种类型的铅锌银矿床。三期成矿作用的动力学背景具有相似性，即不同程度的伸展构造环境，但元古宙成矿期的动力学背景是地壳和岩石圈减薄、地幔上涌，而中生代是地壳加厚、岩石圈减薄、地幔上涌。

参考文献

- [1] 毛德宝, 钟长汀, 陈志宏, 等. 冀北铅锌银矿床成矿地质要素的结构分析[J]. 地球科学, 1999, 24(5): 464-467.
- [2] 王志章, 田玉香. 河北赤城青羊沟铅锌银矿床矿石组构及其矿床成因关系[J]. 河北地质学院学报, 1996, 19(1): 33-40.
- [3] J M Franklin. Volcanic-associated massive sulphide deposits[A]. R.V. Kirkham, et al. eds. Mineral deposit[A] modeling: Geological Association of Canada[C]. Special Paper 1993, 40: 315-334.
- [4] W D Goodfellow et al. Geology and genesis of stratiform sediment-hosted (SEDEX) zinc-lead-silver sulphide deposits[M]. R.V.Kirkham et al. Mineral deposit modeling: Geological Association of Canada[C]. Special Paper, 1993, 40: 201-251.
- [5] R R Large. Australian volcanic-hosted massive sulphide deposits: features, styles, and genetic models[J]. Econ Geol 1992, 72: 549-572.

- [6] D L Leach, and Sangster D E. Mississippi valley-type Lead-Zinc deposits[A]. R V Kirkham, et al. Mineral deposit modeling: Geological Association of Canada[C]. Special Paper: 40: 289-314.
- [7] J M Parr and J R Plimer Models for Broken Hill-type lead-zinc-silver deposits[A]. R V Kirkham et al. Mineral deposit modeling. Geological Association of Canada[J] Special. Paper. 1993, 40: 253-288.
- [8] 王魁元, 等. 华北陆台北缘元古宙典型铅锌矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 1-165.
- [9] 黄典豪, 等. 蔡家营铅-锌银矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1992. 1-131.
- [10] 杨昌正. 洞子沟银(金、铜)矿床地质特征和成因机制探讨[J]. 矿床与勘查, 1996, 5(2): 75-80.
- [11] 胡祥昭, 彭恩生, 朱余德等. 河北洞子沟银(铜金)矿床成矿地质特征及成因探讨[J]. 大地构造和成矿学, 1999, 23(2): 152-159.
- [12] 肖成东, 艾永富. 华北地台北缘中段银多金属矿化与火山岩[J]. 地质论评, 1999, 45(增刊): 488-494.
- [13] 钟长江, 胡小蝶, 毛德宝, 等. 平谷-兴隆地区银(铜金)矿床成矿地质特征及成因探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 313-315.
- [14] 钟长江, 毛德宝, 胡小蝶, 等. 洞子沟银多金属矿床成矿时代[J]. 前寒武纪研究进展, 2001, 24(3): 58-62.
- [15] R E Zartman, B R Doe. Plumbotectonics-the model [J]. Tectonophysics. 1981, 75: 5-62.
- [16] 毛德宝, 陈志宏, 钟长江, 等. 冀北北岔沟门铅锌矿床中铀钼矿的铀-钼同位素年龄[J]. 地球化学, 2000, 29(2): 132-135.
- [17] 吴珍汉, 孟宪刚. 燕山陆内造山带金-多金属成矿作用与构造-成矿的关系[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1-154.
- [18] 权恒, 韩庆云, 等. 燕辽地区多金属、金、银成矿与远景[M]. 北京: 地质出版社, 1992. 1-134.
- [19] 邓晋福, 赵海玲, 莫宜学, 等. 中国大陆根-柱构造-大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 1-110.

On the Metallogenic Aspects of Pb-Zn-Ag Deposits in the Middle North Margin of North China Block

MAO De-bao, ZhONG Chang-ting, CHEN Zhi-hong, Hu Xiao-die
(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170)

Abstract: Many Pb-Zn-Ag deposits are found in the middle north margin of North China Block. According to their metallogenic characteristics, the deposits can be group into four types: sedimentary-exhalative deposits, reformed and superimposed sedimentary (or volcanic)-exhalative deposits, epithermal deposits associated with the alkaline volcanism in the Dahongyu period, hydrothermal deposits associated with the Mesozoic volcanic rocks and porphyries. Thus, the Pb-Zn-Ag mineralizations are of multiple periods and multiple geneses. The volcanism and sedimentation in the Palaeoproterozoic resulted in the formation of not only one of the main metal source beds in this area, but also some Pb-Zn-Ag deposits. The oldest epithermal Pb-Zn-Ag deposits in the area are associated with the mafic alkaline volcanism in the early Mesoproterozoic, and feature high-sulphidation type of Ag-Cu-Au-Pb-Zn mineralization with high Te component. Although the Mesozoic Pb-Zn-Ag mineralizations are dominated in the area, they were controlled by the Precambrian basement, which, with high concentration of metals such as Ag, Cu, Pb, Zn, served as the metal source beds.

Key words: North China Block; Pb-Zn-Ag deposits; metallogeny