

宁夏泾源县立洼峡地区铅锌矿地质特征及控矿因素分析

杨国忠

宁夏回族自治区矿产地质调查院(自治区矿产地质研究所) 宁夏 银川 750021

摘要: 立洼峡地区铅锌矿分为铅洞山矿段和立洼峡矿段,矿床主要赋存于和尚铺组第二岩段(Kh^b)。主要从地质特征、地球化学特征、地球化学特征、矿石质量特征多方面论述该矿床的控矿因素,矿体主要受张扭性断裂构造控制,同时对碳酸盐地层具有严格的选择性,成矿均伴有较强烈的硅化蚀变特征。矿物组合和矿化蚀变均显示具有中-低温热液成矿特征。推测矿床成因为中-低温热液交代充填型脉状铅锌矿床。

关键词: 铅锌矿;特征;控矿因素分析

1 引言

立洼峡地区铅锌矿位于宁夏固原市六盘山北段地区,是宁夏境内少有的铅锌矿成矿地区,矿区分为铅洞山矿段和立洼峡矿段。本文主要从地质特征、地球化学特征、地球化学特征、矿石质量特征多方面论述总结该矿床的控矿因素。

2 矿区地质特征

2.1 地层

区内发育的地层主要为白垩系六盘山群三桥组(Ks)、和尚铺组(Kh)、立洼峡组(Kl)和马东山组(Km),古近系清水营组(Eq)以及第四系全新统冲积层(Qh^{al})^[5]。

2.2 构造

区内褶皱构造不甚发育,断裂构造比较发育,主要由北东、北西向和近南北向三组断裂构造,以北东、北西向断裂为主,近南北向断裂少量。北东向断裂构造规模较大,北西向断裂规模较小,多为次级断裂^[6]。

2.3 围岩蚀变特征

区内白垩系六盘山群岩石低温热液蚀变较强烈。主要蚀变类型有硅化、重晶石和碳酸盐化,强烈程度各处不一。其中北部的铅洞山和豹子沟地区以硅化为主,在和尚铺组(Kh)中下部碳酸盐层位中十分强烈,形成宽数米至数十米的硅化石英网脉带,最强烈地段石英网脉所占面积几乎为围岩的一半以上,甚至出现宽1米以上,长大于数十米的石英单脉;南部立洼峡--溜石沟地区,矿体主要赋存于和尚铺组(Kh^b)中部碳酸盐地层中,以硅化、重晶石化、碳酸盐化为主,硅化作用相对北部较弱,以细脉浸染为主。

与这些蚀变作用相伴的矿化作用也很广泛。主要矿化类型有黄铁矿化、方铅矿化、闪锌矿化和黄铜矿化四种。黄铁矿化以沿围岩裂隙呈细脉浸染方式交代围岩为主,分布最为广泛,又以碳酸盐层位中最为强烈;方铅

矿化、闪锌矿化和黄铜矿化主要发生在北部的铅洞山、豹子沟和南部的立洼峡沟谷两侧以及溜石沟地区,其余地段比较微弱。北部铅洞山--豹子沟一带,方铅矿和闪锌矿呈自形和半自形颗粒或集合体直接嵌布于硅化石英脉中。立洼峡和溜石沟地区,则一部分呈细脉浸染、微细浸染形式交代围岩;另一部分以块状或斑块状粗晶充填于断层角砾岩带或围岩裂隙中。黄铜矿化一般比较微弱。

从总体上来看,硅化蚀变作用与方铅矿和闪锌矿化关系最为密切,铅锌矿(化)体及周围岩石中常伴随的强烈的硅化蚀变^[1-2]。

2.4 地球物理特征

2.4.1 激电异常特征

2.4.1.1 铅洞山矿段激电异常平面特征

铅洞山矿段整体上视极化率在古近系地层(变化范围一般在1.5—3.8%之间)中要高于白垩系地层(变化范围一般在0—1.4%之间),视极化率平均为1.29%。矿区共圈定了3处高极化异常区域,异常编号为QDS-1、QDS-2和QDS-3,异常具体特征如下:

QDS-1异常下限值为2.1%,最高3.68%,异常最大宽度约80m,呈不规则形态,面积约0.7万 m^2 ,显示为中、低阻—高极化特性,地表可见有矿化(体)存在,推断该异常可能由局部矿化引起。

QDS-2异常下限值为2.1%,最高2.76%,异常呈“椭圆状”形态,东西较窄,南北较宽,最大宽度约60m,面积约0.15万 m^2 ,该处电阻率在240—400 $\Omega \cdot m$ 之间,显示为高阻—高极化特性。该处地表可见有较多矿化(体),推断异常由局部矿化引起。

QDS-3异常下限为2.1%,最高3.62%,异常形态不规则,南北较宽,且有向西南延伸的趋势,异常最大宽度约100m,面积约1.5万 m^2 ,显示为中、低阻—高极化特性。

2.4.1.2 立洼峡矿段激电异常平面特征

立洼峡矿段视极化率总体很低，并无大规模的激电异常，平均视极化率为1.31%，其东北和西南端视极化率最低，平均在0—1%之间，中部视极化率变化范围基本在1—2.8%之间；在该矿段发现一有意义的异常1处，位于白垩系三桥组地层中，编号为LW-1。

LW-1异常为一花生状异常，异常下限值为1.9%，最高为2.86%，异常东西宽约170m，面积约1.2万m²；该处视电阻率变化范围为40—100 Ω·m，显示为中阻—高极化特性。

2.5 地球化学特征

2.5.1 土壤地球化学特征

2.5.1.1 元素土壤地球化学参数特征

矿区元素参数统计见表1，从变化系数分析，区内可能成矿元素为(变化系数大于1) Pb、Zn、Ag、Cu，从最大值分析，Pb、Zn、Cu最大值分别为0.3%、0.3%、0.094%，已达到或近于各矿种边界品位。目前矿区发现的铅锌矿体或矿化，与土壤地球化学参数相显示结果一致。区内主要成矿元素可能为Pb、Zn、Ag，而Cu也有成矿的可能^[3-4]。

表1 立洼峡地区地球化学参数统计表

元素	平均值	方差	最大值	最小值	变化系数	背景值	异常下限
Pb	57.08	179.48	3000	9.3	3.14	31.3	100
Ag	0.13	0.23	5.92	0.019	1.76	0.097	0.2
Zn	139.30	200.56	3000	19.8	1.44	102.5	200
Cu	34.23	35.33	938.6	2.6	1.03	30	42
As	26.02	15.86	228.23	2.675	0.61	24.6	40
Au	1.26	0.55	18.06	0.424	0.43	1.21	1.75
Sb	1.28	0.52	9.74	0.247	0.40	1.22	1.65
Co	16.75	6.42	58.82	0.94	0.38	16.2	23
Ni	43.26	9.84	88.9	3.4	0.23	43.2	52
Cr	90.05	18.18	170.6	15.3	0.20	90	104

单位：Au为10⁻⁹，其它为10⁻⁶

2.5.1.2 元素共生组合特征

矿区R-聚类分析表明：在R=0（不相关）时明显分为两大类，一类为Cr、Ni、Co、Cu、Au；另一类为Zn、Pb、Ag、As、Sb，特别Pb、Zn、Ag之间，Cr、Ni、Co之间表现为较高的相关关系，表明可能矿区存在有与Pb、Zn、Ag有关的一次成矿作用。在R₍₃₁₆₅₎ 0.01=0.2（临界值）置信度下分为四类，Au和Cu为独立因子。

矿区R-因子分析结果见表2。保留原变量的80%信息，构成5个新变量。

表2 旋转因子矩阵

变量	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
Cr	0.02	0.941	-0.001	-0.042	0.126

续表：

变量	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
Ni	0.024	0.931	0.029	-0.098	0.137
Cu	0.133	0.106	-0.034	-0.018	0.977
Zn	0.852	0.007	-0.148	-0.005	0.035
Pb	0.93	-0.021	-0.057	-0.034	0.057
As	0.171	-0.177	-0.924	0.053	0.027
Sb	0.501	0.332	-0.678	-0.108	0.033
Ag	0.846	-0.059	-0.244	-0.059	0.114
Co	-0.059	0.705	0.008	-0.025	-0.078
Au	0.067	0.112	0.004	-0.989	0.02
方差贡献	32%	24.86%	9.94%	9.4%	8.4%
特征根	3.2	2.486	0.994	0.94	0.84

各元素主要表现为在铅洞山及立洼峡地区有较高的背景含量。Pb、Zn、Ag、Sb、As元素的富集成矿主要与中低温热液有关，这些元素富集区断裂均较发育；Cr、Co、Ni元素的富集可能与存在隐伏基性-超基性岩体或基性岩浆热液有关；Au、Cu元素富集可能为两次地质活动共同作用的结果。

综上所述：元素地球化学受地层及构造控制明显，基性元素Cr、Co、Ni、Cu等呈高背景分布于和尚铺组地层中；热液活动元素As、Sb等主要沿断裂带呈高背景显示，同时该地区主要的成矿元素Pb、Zn、Ag也是如此，整体热活动多集中在立洼峡地区和铅洞山地区。主要2个异常浓集中心，一处位于铅洞山，另一处位于立洼峡，元素组合均以Pb、Ag、Zn、Sb为主，异常套合较好。

3 矿体地质特征

3.1 矿体地质特征

3.1.1 铅洞山矿段矿（化）体地质特征

铅洞山矿段铅锌矿体多分布于白垩系六盘山群和尚铺组第二岩段（K_h^b）地层中，控矿构造以北东向近似平行的雁行状断裂为主。矿（化）体地表产状较陡，深部产状明显变缓，以碎裂状石英脉型铅锌矿为主，伴生有银。目前已圈定矿（化）体12个，总体走向呈北东20-40°，倾向以北西为主，倾角变化较大，倾角在20-40°之间。矿（化）体其主要矿体特征如下：

II号矿体分布于铅洞山和尚铺组第二岩段（K_h^b）地层上部断裂破碎带内。破碎带内硅化较强烈，石英细脉发育，偶见黄铁矿。矿体走向为北东向，倾向北西，矿体倾角在34—39°，南西端倾角较陡，在59-80°之间。围岩为和尚铺组第二岩段（K_h^b）泥质白云岩。矿体长度400m，厚度0.34-3.43m，平均厚度1.30m，铅品位0.2-5.06%，平均品位1.833%，锌品位0.03-3.49%，平均品位

为2.122%。

XIV号矿体产于铅洞山和尚铺组第二岩段(Kh^b)地层下部,赋存于北东 40° 方向的断裂破碎带内,由多条含有铅锌矿化的石英脉组成。与围岩界线截然,围岩为和尚铺组第二岩段(Kh^b)泥质白云岩。矿体倾向西北,倾角 $23-51^\circ$,平均倾角 39° 。矿体长度大于100m,厚度0.3-1.0m,平均厚度0.58m,铅品位3.24-5.98%,平均品位4.18%,锌品位0.01-2.05%,平均品位为0.83%,矿体(铅+锌)平均品位5.00%。

III号矿体产于铅洞山和尚铺组第二岩段地层中下部,由多条含铅锌矿化的石英脉组成,赋存于北东 40° 方向的断裂破碎带内。矿体与围岩界线清楚,顶底板围岩为和尚铺组二段的泥质白云岩,局部黄铁矿化、碳酸盐化较强烈,矿体倾向北西,倾角 $25-54^\circ$,矿体长度预测在100米以上。铅品位3.42%,锌品位0.68%,(铅+锌)矿体平均品位4.10%。XIV号矿体和III号矿体在深度空间上相距不远,矿体特征相似。

XV号矿体产于铅洞山矿段和尚铺组第二岩段地层下部,位于豹子沟南端,赋存于北东 40° 方向的断裂破碎带内,是有多条含铅锌矿化的石英脉组成,属于新发现矿体,在地表有TC3、TC5工程控制。矿体与围岩界线截然,顶底板围岩均为和尚铺组二段的泥质白云岩,局部黄铁矿化较强烈,矿体倾向北西,倾角 $23-51^\circ$,矿体长度120米以上,矿体厚度0.82-0.96米,平均厚度0.89米,矿体铅品位0.04-3.42%,平均品位1.76%,锌品位0.01-4.83%,平均品位2.42%,(铅+锌)矿体平均品位4.18%,矿体中拌随有不同程度的银矿化。XIV号矿体和XV号矿体在深度空间上相距不远,矿体特征相似。

纵观III号、XIV号、XV号三个矿体,在空间展布上同属于和尚铺组二段地层中,位于同一个北东 40° 方向的破碎带内,只是空间上不连续,矿化极不均匀,厚度和品位变化较大,推断应为同一较大破碎带内的同一矿体的可能性比较大。

VIII号矿体位于铅洞山东北,矿体赋存在和尚铺组第二岩段(Kh^b)泥质白云岩的断裂破碎带内,整体走向北东,倾向北西,倾角 $33-45^\circ$,平均倾角 39° ,沿破碎带硅化较强烈,石英细脉发育,偶见黄铁矿化。矿体长度大于200m,见矿厚度1.00-2.22m,平均厚度1.64m,铅品位2.97-17.88%,平均品位8.53%,锌品位0.14-1.84%,平均品位为0.757%,矿体(铅+锌)平均品位9.283%。

3.1.2 立洼峡矿段矿(化)体地质特征:

立洼峡矿段矿体以构造(角砾状)蚀变岩型铅锌共

生为特征,并伴生有银矿化。目前控制的矿(化)体有3处,编号为IV、V、VI。矿体走向总体近南北,倾角较陡近直立,产于白垩系和尚铺组第二岩段(Kh^b)顶部泥质白云岩地层内。矿(化)体其主要矿体特征如下:

IV号矿(化)体地表出露于立洼峡西侧山坡上,地表控制长超过360m,走向正南北,厚度0.1-2.55m不等。总体倾向西,倾角较陡立,沿倾向具膨大收缩分支复合、尖灭再现的特征。沿走向呈“S”型展布,严格受近南北向张扭性断层的控制。赋矿围岩为和尚铺组第二岩段(Kh^b)泥质白云岩。铅品位多在0.33-3.85%之间,锌品位0.06-10.88%之间,并伴有银矿化。

3.2 矿石质量及特征

3.2.1 矿石类型

按矿石赋存状态、结构构造特征矿石自然类型划分为角砾岩型矿石和石英脉型矿石。

3.2.1.1 石英脉型铅锌矿石

主要分布在铅洞山矿段。矿石呈灰白色,具碎裂状结构,角砾状、网脉浸染构造;有用矿物常呈单体或呈集合体嵌布于裂隙及脉石颗粒之间。以铅为主,局部矿段为铅锌共生产出,有用组分分布极不均匀。

3.2.1.2 角砾岩型铅锌矿石

该类型矿石主要分布在立洼峡矿段。矿石呈深灰色,具角砾状结构,角砾状、网脉浸染构造;有用矿物常以胶结物或呈集合体嵌布于角砾及脉石颗粒之间。以铅、锌共生为主,有用组分分布较均匀。

3.2.2 矿石物质组分及结构构造特征

矿石经镜下对光片、薄片进行观察研究,矿石具碎裂结构、它形--半自形结构、交代残余结构、包含结构;角砾状构造、脉状构造、细(网)浸染状构造、斑点状构造等。矿石矿物组分主要有方铅矿、闪锌矿,其次为白铅矿、菱锌矿,少量黄铁矿、黄铜矿、针铁矿、辉银矿等。脉石矿物以石英、方解石为主,其次有白云石,少量重晶石、石膏及其它泥质矿物。

3.2.3 主要矿石矿物及嵌布特征

3.2.3.1 方铅矿(PbS)

铅灰色,呈中粗粒自形粒状、它形粒状、它形集合体或致密块状产出。与闪锌矿及其它金属硫化物共生,常被闪锌矿穿插、包裹,但同时又包裹闪锌矿;方铅矿有轻微碎裂,其裂纹及边缘有少量白铅矿交代。

3.2.3.2 闪锌矿(ZnS)

浅褐色它形粒状、板状、集合体状。闪锌矿常与方铅矿等硫化物连生,常被方铅矿相互包裹,但闪锌矿中又包

裹了黄铜矿。闪锌矿裂缝及边缘有少量被菱锌矿交代。

3.2.3.3 黄铁矿 (FeS)

黄铁矿有两种成因,一为呈星点状不均匀分布于岩石中,粒径小于0.02mm,可能为沉积形成;另一种呈细脉状、浸染状充填于闪锌矿、方铅矿裂纹或沿边缘分布。黄铁矿部分被氧化形成了针铁矿。

4 控矿因素分析

从目前收集的地质资料综合研究成果显示,立洼峡铅锌矿成矿首要控制因素是断裂构造,其次为有利于铅锌成矿的不纯碳酸盐地层,三是有较强硅化、重晶石化等蚀变作用叠加。

4.1 构造

立洼峡铅锌矿床的矿体主要赋存于断裂破碎带中,严格受张扭性断裂和裂隙构造控制。

已知的立洼峡矿段F12、F14断层和铅洞山北东向断层组等断裂破碎带是矿区主要导矿、容矿构造,是成矿热液运移通道和富集成矿的场所,控制了区内主要矿体分布。

4.2 地层

区内白垩系三桥组 (Ks^a) 浅灰白色厚层-块状白云质砾岩、含砾粗砂岩、砂屑白云岩及和尚铺组 (Kh^b) 青灰色厚层泥质白云岩、含粉砂微晶灰岩、微晶白云岩、白云石化粉砂灰岩中普遍发育较强的硅化、不同程度重晶石化、碳酸盐化,黄铁矿化,岩石含Ag、Pb、Zn、Cu普遍偏高。其中Ag背景均值达 $88.32 \sim 144.54 \times 10^{-9}$ 、Pb $26.11 \sim 33.6 \times 10^{-6}$ 、Zn $64 \sim 83.18 \times 10^{-6}$,皆高于全国其它地区同类岩石平均含量,为有利铅锌成矿的碳酸盐地层组合。

4.3 蚀变

区内硅化蚀变作用常与构造破碎带、铅锌矿化伴生发育。一般情况是硅化最发育的地段,也是找矿最有利的地段,形成了集破碎、矿化、蚀变三位一体的特点。硅化碳酸盐地层、由硅化形成的碎裂石英网脉、石英脉是良好的赋矿围岩或本身就是铅锌矿体;局部地段还伴有重晶石化、碳酸盐化蚀变。表明围岩蚀变与矿化作用有不可分割

的联系,推测为中低温成矿热液活动所致。

5 矿床成因

立洼峡铅锌矿床主要受张扭性断裂构造控制,同时对碳酸盐地层具有严格的选择性,成矿均伴有较强烈的硅化蚀变特征。矿物组合和矿化蚀变均显示具有中-低温热液成矿特征。推测矿床成因为中-低温热液交代充填型脉状铅锌矿床。

该地区铅锌矿石的 δS^{34} 全为负值,变化于 $-5.5 \sim -11.1\%$ 之间, S^{32}/S^{34} 变化在22.34~22.47之间,显示这种热液所携带的矿质主要来自附近围岩,从而佐证了该碳酸盐地层组合与成矿有较密切的成因联系^[1]。

从该矿床矿体分布相对集中、矿化强度较大、岩石变质程度不高、以及围岩中矿质组分变化不大、特别是近矿围岩未出现矿质组分明显迁移亏空等地质现象综合分析:其矿源除来源于围岩的变质热液成矿外,不排除有深部物源加入。

6 结论

综上所述,立洼峡铅锌矿床主要受构造、地层和蚀变多重控制,从地质特征、地球化学特征、地球化学特征、矿石质量特征等方面综合分析,推测矿床成因为中-低温热液交代充填型脉状铅锌矿床。

参考文献

- [1]刘芳.宁夏泾源县立洼峡铅锌矿床地质特征及找矿标志[J].宁夏工程技术,2013,12(3):198-201.
- [2]唐菲,徐磊,李洪波.宁夏杨岭铅锌矿成矿地质特征及矿床成因研究[J].宁夏工程技术,2020,19(4):346-350.
- [3]高四新,赵强,王超,等.应用衬度异常量法在宁夏六盘山立洼峡寻找铅锌矿[J].物探与化探,2014(2):363-369.
- [4]杨国忠,张海波,贾辰钰.可控源音频大地电磁法在立洼峡地区铅锌矿找矿中的应用[J].宁夏工程技术,2015,14(3):206-209.
- [5]宁夏回族自治区地质调查院.中国区域地质志宁夏志[M].北京:地质出版社.2017.
- [6]白生明.浅述宁夏大地构造单元划分[J].宁夏工程技术,2014,13(2):117-122.