



菜园铅矿成矿地质条件及模式探讨

聂佩孝, 王建, 高云鹏, 李明波, 武斌, 李强

(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

摘要:菜园铅矿属低温热液浅成矿床, 矿石类型属含铅重晶石脉型, 其规模、形态严格受张扭性断裂构造控制, 矿源层为靠近矿脉的菜阳群地层, 成矿介质来自大气降水。该文通过对其矿床地质特征、控矿因素及矿床成因的分析研究, 同时通过搜集和研究区域内相类似矿床的信息资料, 初步建立了其成矿模式, 在分析找矿标志的基础上, 提出了该区下一步的找矿方向, 加大矿区外围的找矿力度, 以期发现新的矿体。

关键词: 铅矿; 地质特征; 成矿模式; 菜园铅矿; 高密市

中图分类号: P618.42 文献标识码: A

引文格式: 聂佩孝, 王建, 高云鹏, 等. 菜园铅矿成矿地质条件及模式探讨[J]. 山东国土资源, 2015, 31(1): 12-17.

NIE Peixiao, WANG Jian, GAO Yunpeng, etc. Study on Metallogenic Condition and Model of Caiyuan Lead Deposit[J].

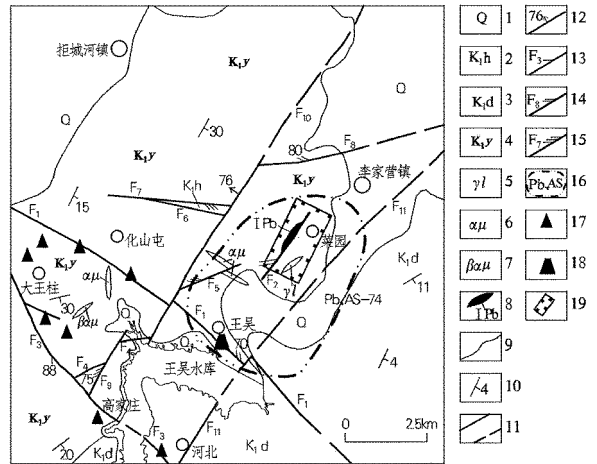
Shandong Land and Resources, 2015, 31(1): 12-17.

高密菜园铅矿区位于沂沭断裂带东侧, 高密-诸城断陷中部之高密-景芝凹陷的东北边缘, 胶州和百尺河-二十五里乔两大断裂之间, 沂沭断裂带北端两侧的安丘、高密铅成矿带东部。该带主要有安丘白石岭、担山、宋官疃、高密王吴等多处铅矿(点), 其资源量占全省的25%左右^[1-2]。菜园铅矿是2010年山东省第四地质矿产勘查院发现的小型铅矿床^①。矿区及其附近金属矿产主要为铅(王吴)^②, 非金属矿产主要为重晶石(化山、大王柱、空冲水、河北等), 多为小型矿床或矿点^③(图1)。

1 区域地质背景

高密菜园大地构造位置处于华北板块(I级)东南部, 胶辽隆起区(II级)之胶莱盆地(III级)西部。区内地层位于华北-柴达木地层大区(I级)之华北地层区(II级)东南部的鲁东地层分区(III级)中部。

区内地层除第四系外, 以中生代早白垩世马莱阳群杨家庄组、杜村组为主体, 岩性分别以中粒长石



1—第四系; 2—香介组; 3—杜村组; 4—杨家庄组; 5—花岗细晶岩脉; 6—安山玢岩; 7—玄武安山玢岩; 8—铅矿体及编号; 9—地质界线; 10—地层产状; 11—性质不明断层及编号; 12—实测断层及产状; 13—扭性断层及编号; 14—压扭性断层及编号; 15—张扭性断层及编号; 16—水系沉积物异常及编号; 17—重晶石矿床(点); 18—铅矿点; 19—矿区位置

图1 菜园矿区区域地质简图

* 收稿日期: 2014-08-20; 修订日期: 2014-09-29; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 山东省财政厅, 鲁国土资字[2008]134号, 鲁勘字[2008]11号, 山东省高密市菜园矿区铅矿普查, 地质勘查项目

作者简介: 聂佩孝(1970—), 男, 山东高密人, 工程师, 主要从事地质矿产勘查工作; E-mail: NPX12345678@163.com

①聂佩孝、罗海伟、于强, 山东省高密市菜园矿区铅矿普查报告, 2010年。

②陈绍忠、张常仁、魏光进等, 山东省高密县王吴铅矿调查评价报告, 1971年。

③崔树森、刘瑞忠、夏林等, 山东省高密县华山矿区重晶石矿详查地质报告, 1984年。

白垩世青山群后乔组地层出露,岩性主要为流纹质晶质凝灰岩,凝灰岩及黑云角闪安山岩。

区内构造主要以断裂构造为主,按其展布方向和生成的先后顺序可分为NW向断裂、NEE向断裂和NE向断裂3组。褶皱构造不发育,总体为NE向倾斜的单斜构造。

该区岩浆活动很微弱,仅发育少量脉岩,均为中生代燕山晚期的产物。岩性分别为安山玢岩、玄武安山玢岩、花岗细晶岩脉。

1:20万水系沉积物测量在普查区南部圈定了Pb,As-74及BaSO₄,Pb等元素组合异常,异常强度较高,说明该区Pb,As,BaSO₄元素具有富集现象^①。

2 矿区地质

2.1 地层

区内大部分被第四纪山前组地层覆盖,莱阳群杨家庄组地层仅有零星出露。杨家庄组地层岩性上部以灰白色—灰绿色细粒长石石英砂岩为主,夹有灰绿色—暗红色粉砂质泥岩;中下部岩性主要以灰白色—灰绿色中粒长石石英砂岩为主,夹有暗红色—灰绿色砂质砾岩、细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩。地层走向SE—NW,倾向NE,倾角较缓,一般在3°~12°;F₂以西靠近断层附近地层走向SW—NE,倾向NW,倾角5°~18°(图2)。第四纪山前组上部为褐黄色含砾砂质粘土,并有钙质结核,下部为黄褐色亚粘土,多含有中、粗粒砂层及砾石层、砾石透镜体。

2.2 构造

区内总体呈向NE倾斜的单斜构造,地层由早白垩世莱阳群杨家庄组组成,总体走向140°~180°,倾向NE,倾角3°~23°。区内断裂构造不发育,较大规模的仅有F₂断裂,其走向NE。断裂位于矿区中部,总长约1310m,北端有分枝现象,沿走向呈舒缓波状,水平宽约2.7~8.6m,走向27°~55°,总体走向36°,倾向NW,倾角57°~79°(局部较缓,倾角35°)。破碎带内岩性是以砂岩、泥质粉砂岩为主的硅化碎裂岩。在12线构造带顶界光滑平直,并见有擦痕,可以看出该断裂为张扭性断裂。

该断裂为成矿前断裂或成矿期断裂,控制了成矿的全过程,而且成矿后又有活动,对矿体有一定的破坏作用,表现在重晶石脉呈现较强的碎裂状,构造角砾呈现重胶结现象,铅矿体赋存在重胶结的碎裂

状重晶石脉中。

2.3 岩浆岩

该区岩浆活动很微弱,零星发育花岗细晶岩脉。

2.4 矿化蚀变作用

矿区内蚀变作用与矿床成矿地质条件有密切关系,区内主要的矿化蚀变现象有方铅矿化、重晶石化、碳酸盐化、硅化、绿泥石化等。

2.5 地球物理场特征

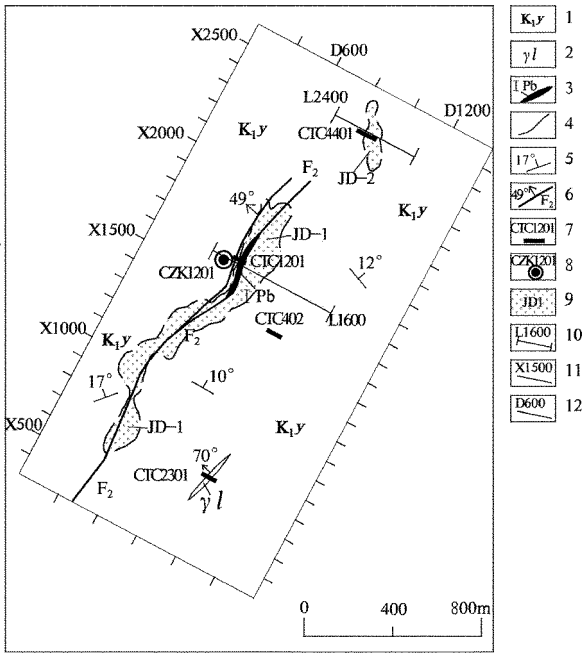
矿区激电中梯视激化率一般在0.5%~1.0%间变化,激电异常差异较小,但在400~800点间和800~1000点间各有一条NNE,NNW向异常带明显显示,等值线闭合且连续,宽约50~100m,异常最高值为1.47%,倾向不明显,近似直立。矿区激电中梯视电阻率值一般在85~160Ω·m间变化,反映下部基岩变化不大。以 $\eta_s \geq 1$ 为异常值,结合电阻率等值线平面图及矿区岩石的地球物理特征,区内圈定了2个异常,在300~2100线的400~700点之间为JD-1,在2000~2600线的700~1000点之间为JD-2。其中JD-1长约1650m,宽约110m;走向12°,JD-2长约300m,宽约70m,走向330°(图2)。

通过区内L1600线联合剖面测量结果可以看出(图3),该剖面 ρ_a 曲线的交点主要反映在100~280m段,最明显处为30m深度的140点高阻异常与60m深度的120点高阻异常对应,倾向NNW,倾角较陡,推测为较直立的高阻岩脉引起。从图2、图3可以看出,激电中体异常JD-1与L1600线所测的物探异常位置相对应,经后期的探槽、钻孔工程验证(图4),异常由F₂及方铅矿化重晶石脉所引起,矿体地质特征与物探测量结果相吻合。

2.6 地球化学特征

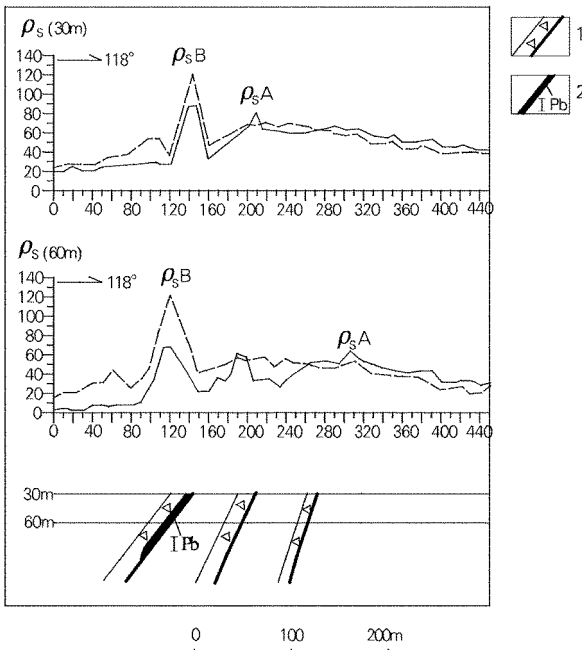
矿区位于1:20万高密幅水系沉积物测量铅、砷异常(编号:Pb,As-74)内(图1),该异常属乙₂类铅、砷异常,面积3.65km²;铅、砷异常大致套合,形态相似,异常形态椭圆状,铅元素最高含量值300×10⁻⁶,最小值0.6×10⁻⁶,异常平均值56×10⁻⁶,背景值19.64×10⁻⁶,下限值38.61×10⁻⁶,高含量点分布于异常中北部。

^① 刘明渭、梁邦启、王沛成等,1:20万高密幅区域地质调查报告,1995年。



1—杨家庄组;2—花岗细晶岩脉;3—矿体及编号;4—地质界线;5—地层产状;6—断层位置及编号;7—探槽及编号;8—钻孔及编号;9—激电中梯异常位置及编号;10—视电阻率联合剖面测量位置及编号;11—激电中梯剖面测量线位置及编号;12—激电中梯剖面测量点及编号

图2 菜园矿区地质图

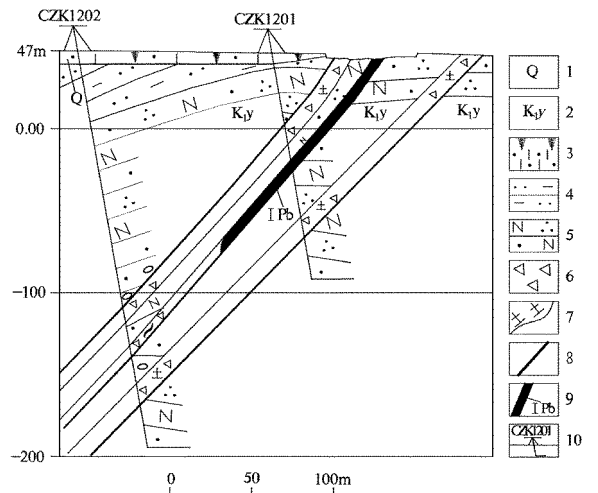


1—构造碎裂岩位置;2—铅矿体位置及编号

图3 菜园矿区第1600线视电阻率联合剖面图

3 矿床地质

菜园铅矿床由一个矿体组成,即 I Pb,矿体呈



1—第四系;2—杨家庄组;3—砂质粘土;4—泥质粉砂岩;5—中粒长石石英砂岩;6—碎裂岩;7—高岭土化;8—实测断层;9—矿体及编号;10—钻孔及编号

图4 菜园矿区第12勘探线剖面图

单一脉状,赋存在构造带中的重晶石脉中,严格受NE向张扭性断裂构造控制^[3]。

3.1 矿体特征

I Pb 矿体总体走向 27°,倾向 NW,总体倾角 48°。矿体地表倾角 65°~71°。

矿体沿走向控制长度 247.14 m,沿倾向延伸 85 m 即行尖灭,地表埋深 2.40 m,赋矿最低标高为 -24.00 m。平均真厚度 1.13 m,平均品位为 4.17%。

区内铅矿多与重晶石矿共生, I Pb 矿体共生的重晶石矿体平均真厚度 1.72 m,平均品位 ω (BaSO₄):65.40%。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石的矿物成分

主要矿石矿物有方铅矿、重晶石、黄铁矿、磁铁矿等,脉石矿物主要为石英、方解石等。方铅矿呈铅灰色,条痕黑色,金属光泽,自形一半自形粒状,3组解理完全,相互垂直,硬度小,密度大,呈单体、几个晶粒集合体产出或细脉状产出。与黄铁矿共生,单颗粒粒径 0.5~10 mm 之间。重晶石一般呈乳白色、白色、浅褐色,透明一半透明,玻璃光泽,断口呈珍珠光泽,粒状,板状、柱状晶体,粒径 0.1~12 mm,集合体呈束状、放射状、交织状排列,以脉体和碎裂岩中的填隙物形式存在。

3.2.2 矿石化学成分

矿石的微量元素见表 1。矿体中的 Ag,Cu,Zn,

Mo, Ba 含量较高, 矿石中 Au 含量最低。矿石化学成分见表 2, 其中 SiO_2 含量最高, 其次为 Al_2O_3 , P_2O_5 含量最少。

表 1 矿石微量元素含量

矿石类型	元素含量	平均值	
	Au(10^{-9})	2.2 ~ 2.5	2.4
	Ag(10^{-9})	1942 ~ 2501	2315
	Hg(10^{-9})	95.4 ~ 366.0	189.5
	Cu(10^{-6})	134.3 ~ 291.3	228.8
含方铅矿	Zn(10^{-6})	28.9 ~ 48.2	35.53
重晶石脉	As(10^{-6})	1.00 ~ 3.31	1.87
	Cd(10^{-6})	0.10	0.10
	Mo(10^{-6})	16.9 ~ 491.0	254.0
	Ba(10^{-6})	353.6 ~ 2001	1451.9
	CaF_2 (10^{-2})	0.51 ~ 0.62	0.58

表 2 矿石化学全分析 ($\omega/\%$)

矿石类型	元素含量	平均值	
	SiO_2	25.50 ~ 32.47	29.93
	Fe_2O_3	0.00 ~ 1.98	0.68
	FeO	0.01 ~ 0.36	0.18
	Al_2O_3	0.69 ~ 6.22	2.87
	TiO_2	0.01 ~ 0.24	0.13
	CaO	0.13 ~ 0.17	0.14
含方铅矿	MgO	0.13 ~ 0.18	0.16
重晶石脉	K_2O	0.18 ~ 1.01	0.55
	Na_2O	0.15 ~ 1.23	0.54
	MnO	0.03 ~ 0.11	0.09
	P_2O_5	0.02 ~ 0.08	0.06
	CO_2	0.00 ~ 0.20	0.63
	H_2O^+	0.19 ~ 1.35	1.02
	SO_3	0.00 ~ 3.01	1.75

通过对矿石的组合分析, 矿石伴生有用组分含量见表 3。其中 Ag, BaSO_4 , S 在 I Pb 矿体中均达到共(伴)生有益组分指标。

表 3 矿石共(伴)生有用组分含量

矿体编号	矿石类型	有用组分含量	综合利用指标	
I Pb	含方铅矿 重晶石脉	Ag	3.05	2
		Au	<0.05	0.1
		Sb	3.18	4000
		Cu	0.014	0.06
		Zn	0.006	
		S	5.05	4
		BaSO_4	67.50	50(工业指标)
		CaF_2	0.23	5

注: Ag 与 Au 为 10^{-6} , Sb 为 10^{-6} , 其他 10^{-2}

3.2.3 矿石的结构构造

(1) 方铅矿

矿石结构以自形一半自形晶粒状结构为主, 其次为包含结构。

自形一半自形晶粒状结构: 方铅矿呈自形一半自形晶, 晶面完整。包含结构: 在方铅矿晶粒中有半自形一半自形黄铁矿晶粒包体。

矿石构造主要有斑点状构造、团块状构造、角砾状构造。

斑点状构造: 方铅矿单体呈斑点状分布于石英脉、重晶石脉中。

团块状构造: 方铅矿集合体呈不规则团块状分布于石英脉、重晶石脉中。

(2) 重晶石

矿石结构主要为粒状结构、板柱结构。

粒状结构: 重晶石矿物呈他形粒状, 矿物直径一般 0.7 ~ 12 mm。

板柱结构: 重晶石矿物呈板柱状。

矿石构造主要为块状构造。

块状构造: 重晶石矿物排列无一定次序、无一定方向, 不具任何特殊形象的均匀块体。

3.3 矿石类型

矿石自然类型主要为原生矿石, 其次为混合矿石; 工业类型属含铅重晶石脉型。

3.4 矿体围岩、夹石

矿体上部顶板为断层泥, 底板为中粒长石石英砂岩; 深部顶板为中粒长石石英砂岩, 底板为硅化碎裂岩。矿体内无夹石。

3.5 围岩蚀变

矿区内的围岩矿化蚀变现象主要为方铅矿化、重晶石化、碳酸盐化、硅化、绿泥石化、高岭土化。

方铅矿化、重晶石化是矿区内最主要最普遍的 2 种矿化现象, 由于围岩当中的铅、钡元素在成矿介质的搬运下遇到深部热液的情况下, 形成含矿热液, 在构造活动阶段, 由于 pH 值和氧化还原作用, 发生 PbS , BaSO_4 的沉淀, 在围岩裂隙形成矿化蚀变。

碳酸盐化是围岩当中析出的 Ca, Fe, Mg 与热液中的 HCO_3^- , CO_3^{2-} 及 CO_2 反应形成方解石等充填于岩、矿石裂隙中。

硅化主要在断裂带内及断层面上发生, 蚀变作用结果形成硅化碎裂岩、硅化构造角砾岩和硅化砂岩。

绿泥石化产于构造带及附近的蚀变围岩中, 有

时充填于层理面或裂隙面上,由暗色矿物黑云母、角闪石等蚀变而成,为热液蚀变产物。

高岭土化一般位于表生氧化带中及距离断裂两侧的围岩当中或矿体两侧破碎程度较低的碎裂岩当中。

蚀变带受断裂构造控制,其形态、产状、规模与构造破碎带一致,由于岩石的破碎程度不同及热液的脉动性等因素的影响,形成了具有分带性的蚀变带,各带间为渐变过渡关系。由蚀变带中心至两侧,分别为绿泥石化—硅化—方铅矿化、重晶石化—碳酸盐化—高岭土化^[4]。

4 成矿机理分析

区内铅矿的成矿空间为 NE 向的张扭性断裂,成矿物质来源为围岩当中的 Pb^{2+} 离子,其搬运介质主要为大气降水,其成矿模式见图 5。

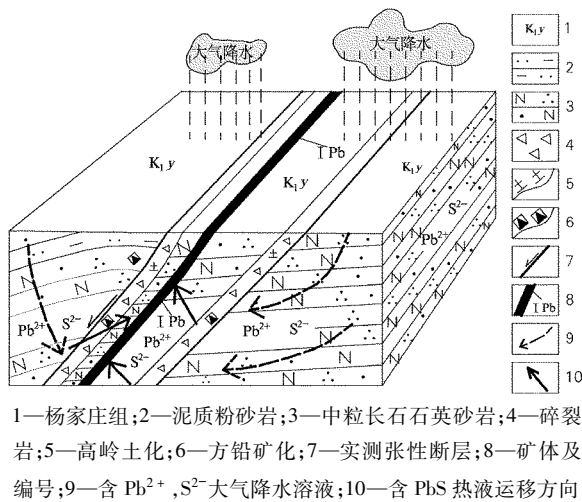


图 5 菜园矿区铅矿成矿模式图

4.1 断裂构造对矿脉的控制

矿区处于 NE 向沂沭断裂带与 EW 向的百尺河断裂之间的中生代拗陷内,受沂沭断裂带右行扭动生成一系列 NW 向、NE 向张扭性断裂构造控制,为含矿溶液的运移、富集、沉淀创造了良好的空间条件。

4.2 成矿物质的来源

矿脉围岩为中生代白垩纪莱阳群的砂岩、砾岩、粉砂岩和粉砂质泥岩,从岩石的分析结果可知,靠近矿脉的围岩 Pb, Ba 的含量高,远离矿脉的围岩 Pb, Ba 含量则低。因此认为成矿物质可能来自远离矿脉的围岩,即为“矿源层”,成矿介质即搬运成矿物

质的溶液可能来自大气降水。由于地表水携带从岩石中溶滤出的大量 Pb^{2+} , Ba^{2+} 离子通过断裂构造向深部渗透,在深部受热变成含矿热液。在区域构造活动阶段,便沿着构造破碎带上升,在敞开的断裂构造内,矿液交代围岩发生蚀变^[5],随温度、压力、理化条件的变化,发生了 PbS , $BaSO_4$ 沉淀。

4.3 成矿温度

根据邻区对矿石样品中原生包裹体进行测温,其形成温度在 $100 \sim 168^\circ C$ 之间,气液化比一般为 5% 或 $< 5\%$,因此认为该矿床属低温热液浅成矿床,成矿作用应是在近地表的富氧环境生成。

5 找矿标志及方向

5.1 找矿标志

(1)地形标志。区内方铅矿一般赋存在石英脉、重晶石脉及硅化碎裂岩中,而石英脉、重晶石脉及硅化碎裂岩带相对围岩不易风化,多易形成正地形。

(2)构造标志。矿体受 NW 向、NE 向构造控制明显,在上述类型的构造情况下可能发现这类矿床。

(3)饰变标志。矿体围岩具有明显的碳酸盐化、硅化、重晶石化和方铅矿化等矿化蚀变,特别菜园矿区以上蚀变现象屡见不鲜,是直接找矿标志。

(4)地球物理标志。石英脉、重晶石脉、硅化碎裂岩带在物理性质上属高阻体,而铅的物理性质呈现为高极化率,因此区内呈带状分布的高阻、高极化率物理点分布区,可指示含铅石英脉、重晶石脉的存在。

(5)地球化学标志。区内铅元素含量背景值 19.64×10^{-6} ,最高含量值 300×10^{-6} ,因此区内铅元素高含量点集中分布区,可指示矿化体的存在位置。

5.2 找矿方向

区内张戈庄—杨家栏子断裂 (F_1) 至西王柱—河北断裂 (F_3) 的区域内,地层为莱阳群的杨家庄组,为矿体的形成提供了充足的物质来源;区内次级断裂发育,为含矿溶液的运移、富集、沉淀创造了良好的空间条件;区内重晶石脉发育,重晶石内普遍含有颗粒状、团块状的方铅矿矿物,显示了较好的找矿前景。

6 结论

菜园铅矿成因为低温热液含铅重晶石脉型浅成铅矿,矿石的主要成分为方铅矿,共生矿物为重晶石,伴生元素为 Ag, S。

以菜园铅矿为基础,结合区域内以前的地质、物化探等信息资料,初步建立了菜园铅矿的成矿模式。2012年,山东省第四地质矿产勘查院在该文提到的找矿靶区内引用该成矿模式取得了较好的效果,也进一步完善了该区的成矿模式。该模式将在安丘-高密成矿带上对铅矿的找矿工作起到指导作用。

参考文献:

- [1] 徐明善,邓幼华,刘怀书,等.山东省地质矿产科学技术志[M].山东:山东省地图出版社,1990:215-293.
- [2] 宋明春,刘明渭,张淑芳,等.山东省地质矿产图集[M].山东:山东省地图出版社,2012:78-91.
- [3] 刘振,吕昶,叶育青,等.山东省地质矿产志[M].山东:山东科学技术出版社,1992:209-211.
- [4] 张天祯,石玉臣,王鹤立,等.山东非金属矿地质[M].山东:山东科学技术出版社,1998:217-226.
- [5] 翟裕生,邓军,李晓波.区域成矿学[M].北京:地质出版社,1999:51-78.

Study on Metallogenic Condition and Model of Caiyuan Lead Deposit

NIE Peixiao, WANG Jian, GAO Yunpeng, LI Mingbo, WU Bin, LI Qiang

(No.4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

Abstract: Caiyuan lead deposit is an low-temperature hydrothermal shallow deposit. The type of ore body is lead-bearing barite vein type, and the scale and shape are strictly controlled by tension-torsional fault structures. The source layer is Laiyang group which is close to veins, and the medium of mineralization derives from atmospheric precipitation. In this article, through analysis and study on geological characteristics, ore-controlling factors and origin of mineral deposit, by collecting and studying the information of the similar deposits in the same area, metallogenic model has been established primarily. On the basis of analyzing ore prospecting symbols, the direction for geological prospecting in this area has been put forward, and the prospecting degree of surrounding areas in this mine should be strengthened in order to discover new ore bodies.

Key words: Lead deposit; characteristics; model; Caiyuan lead deposit; Gaomi city