

冀东兴隆一带层状黄铁矿-铅锌矿床 的地质特征及其成因

冯钟燕 张兴余

(北京大学地质学系)

冀东兴隆一带中元古界高于庄组中有一些层状黄铁矿-铅锌矿床,如杨树庄、高板河、杨树台、黄土梁、梓木林、椴木峪和沙窝店(关堂子)等,分布在近东西向长六七十千米的一条线上,它们的地质特征很相似。

矿床的成因有争议。一派认为是后生热液交代矿床,选择性交代使矿体依岩层成假象;另一派认为是海底同生化学沉积矿床,沉积与某种生物化学作用有关。

作者经过较长时期工作认为矿床是同生沉积的,硫化物由从海底涌出的热液在水体下部化学沉淀,与成岩物质一起堆积形成矿床。

本文将在阐述这些矿床的基本地质特征的基础上论述它们的成因。

一、矿床地质特征

(一) 矿床产出层位相同

矿床都产在高于庄组中部厚度不大的一段地层里。

高于庄组是一套未变质的沉积岩系,总厚度约1000m,根据岩性可分成八段,由老至新为:

1. 燧石白云质灰岩段:以灰色致密白云质灰岩为主,富含黑色燧石条带,厚约390m。
2. 下页岩段:以灰色和灰黑色砂质页岩为主,含锰,厚约50m。本段的上部和下部都夹有薄层白云质灰岩,与上下岩层呈渐变关系,岩性稳定。
3. 下白云质灰岩段:以灰色厚层致密状白云质灰岩为主,含少量锰,厚35—40m。
4. 上页岩段:以黑色碳质粉砂质页岩为主,厚度不很稳定。顶部有硫化物矿层。为主要含矿层的底板岩层。
5. 上白云质灰岩段:以灰色中厚层白云质灰岩为主,厚30—80m。本段中下部含铅锌矿和黄铁矿矿层,为主要含矿岩层。
6. 板状白云质灰岩段:以灰色致密薄层白云质灰岩为主,厚40—130m。中部夹有钙镁质小结核。本段底部也有矿层出现。
7. 含结核白云质灰岩段:底部为粉砂质薄层白云质灰岩;中、上部含有钙镁质结核,结核直径10—12cm。厚约170m。
8. 砖块状白云质灰岩段:以灰色致密厚层白云质灰岩为主,局部含有钙质结核,全段

厚约120m。

各岩性段岩石化学特征见表1。

冀东兴隆一带层状硫化物矿床主要赋存于上白云质灰岩段的中部和下部，在上页岩段的顶部和板状白云质灰岩段的底部有少量矿层产出^[1,2]（图1）。

表 1 高于庄组各岩性段岩石化学成分(%)

岩性 成分	燧石白云 质灰岩	下页岩	下白云 质灰岩	上页岩	上白云 质灰岩	板状白云 质灰岩	含结核白 云质灰岩	砖块状白 云质灰岩
SiO ₂	30.06	34.33	9.69	26.00	6.41	12.48	40.81	17.41
Al ₂ O ₃	0.25	3.06	1.88	1.58	1.45	1.52	4.60	1.34
CaO	29.43	17.64	26.77	22.39	27.09	40.63	16.77	25.06
MgO	20.76	11.26	17.54	13.79	17.87	5.80	8.34	16.48
MnO	0.69	1.47	1.37	0.70	1.06	0.43	0.04	0.07
Na ₂ O	0.07	0.12	0.09	0.11	0.07	0.05	—	—
K ₂ O	0.53	0.95	0.45	1.47	1.34	0.25	—	—
Fe	0.28	0.99	0.99	0.91	0.81	0.58	1.12	0.56
S	0.017	0.026	0.015	0.033	0.122	0.029	—	—
P	0.012	0.024	0.028	0.036	0.020	0.022	—	—

（河北省地质局实验室分析）

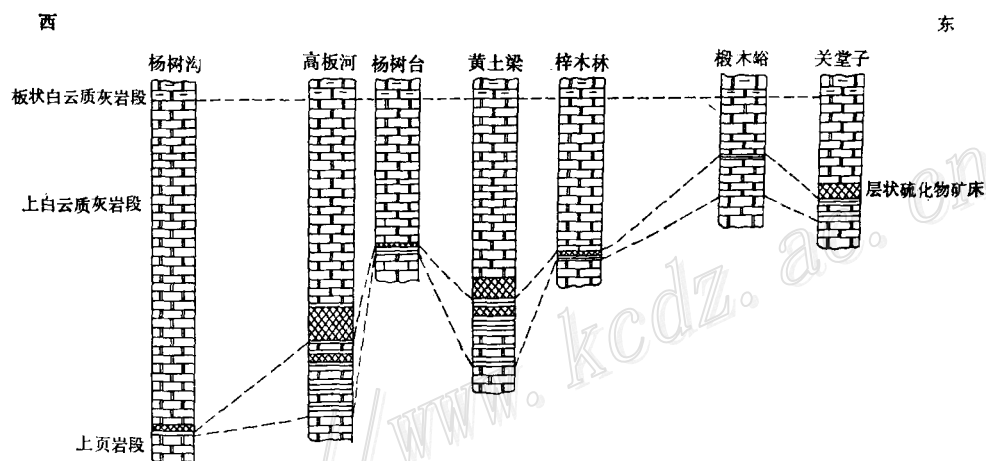


图 1 兴隆一带层状硫化物矿床的产出层位

（据河北省地矿局第五地质队资料）

Fig. 1. Correlation of strata containing stratiform sulfide deposits in Xinglong area.

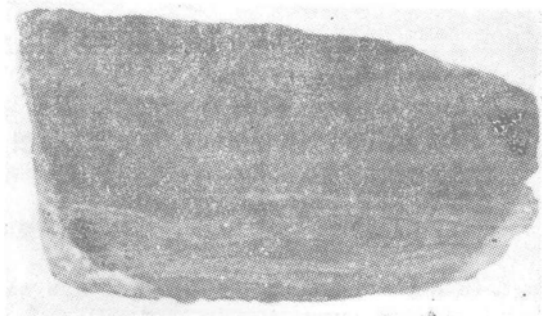
（二）矿床形成于较平静的水盆中

从容矿岩层的岩石学特点可以看出，含矿沉积岩的组成变化很大，石灰岩、白云质灰岩、白云岩、灰色页岩和碳质页岩都可成为容矿岩石。它们都是些粒度很细的沉积岩，与硫化物形成各种厚度的有时是极薄的互层。这些岩石中未见波痕、交错层和冲蚀等现象，表明层状硫化物矿床是在一种较平静的海盆环境中沉淀和保存下来的。

（三）矿体整合产出，纹层发育

矿体形态比较简单,呈层状和扁豆状夹在沉积岩中,与容矿岩层的层理整合。

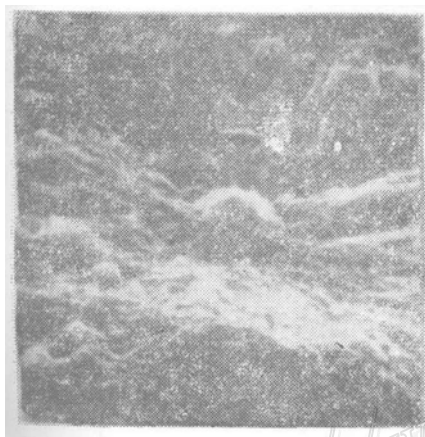
矿体中微细层理和纹层理很发育(照片1)。经常可以见到由于矿石矿物含量增减而出现的重复层序,有时还可以看到它们与原生沉积平面平行,在层面的两侧并排着粒度不等的矿石颗粒。这种构造有的肉眼即可看得很清楚,有的在显微镜下可以看到。这类典型的沉积组构的大量存在,说明矿石是由沉积作用形成的。这些纹层规则平直,按照构成纹层的矿物成分可分为两种:一种是由灰黑色和浅黄色黄铁矿交替组成的;另一种是由黄铁矿与白云石交替组成的。纹层不仅发育在矿体内部,在矿体底板白云岩中以及矿体内的白云岩夹层中也很发育。



照片1 黄铁矿矿石的纹层构造

(四) 矿物成分简单,以简单硫化物为特征

矿床的矿物成分简单,以简单硫化物为特征。金属矿物主要有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿,其次为白铁矿。非金属矿物为菱铁矿、白云石、石英、水云母等。金属矿物的胶状、隐晶状结构发育。黄铁矿呈微球状(莓球)(照片2),其直径一般为6—10 μ m。表明矿石矿物是从一种过饱和程度相当高的溶液中沉积的,微球粒可能是受最小自由能控制的一种非平衡构造。矿石中未发现出溶构造。闪锌矿中铁和锰的含量都比较低,大部分闪锌矿为浅灰白色,外观类似同色的白云岩。黄铁矿和闪锌矿的粒度都很小,黄铁矿一般为0.0042—0.0052mm之间,闪锌矿一般为0.007—0.018mm



照片2 微球状黄铁矿及其周围的放射状黄铁矿。微球直径为8 μ m

(五) 富集重硫,铅同位素组成均一

1. 硫同位素组成特征:

冀东层状硫化物矿床的硫同位素样品大多采自上白云质灰岩底部的矿层,少量采自上页岩顶部的矿层。

黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -9.7 — $+24.1\%$,极差为34%左右;方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -13 — $+8.5\%$,极差为21.5%左右。

层状黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值均为正值,以离散范围大、呈波状分布以及富集重硫为特点。其中产在页岩顶部的层状黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+10.6$ — $+24.1\%$,极差为 $+13.5\%$,算术平均值为 $+17.2\%$ 。上白云质灰岩底部的层状黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值的变化范围为 $+3.5$ — $+17.3\%$,极差为13.8%,算术平均值为 $+9.9\%$ (图2)。

2. 铅同位素组成特征:

在高板河矿床及外围黄土梁、梓木林、沙窝店等地,共获得了15个铅同位素分析数据,分析结果如表2所示。由表2可看出铅同位素组成有下列特点:

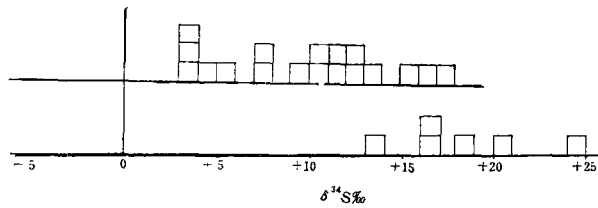


图2 兴隆一带层状硫化物矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布图

(据102个样品分析结果,其中43个引自中国科学院地质所发表的资料)

上方为上白云质灰岩段中的黄铁矿层;下方为上页岩段中的黄铁矿层

Fig. 2. Histogram showing distribution of $\delta^{34}\text{S}$ values in stratiform sulfide deposits of Xinglong area.

16.601、15.586、36.402;梓木林矿点为16.25、15.15、36.08;沙窝店矿点为16.52、15.32、37.08。

表2 高板河等地铅同位素组成

样号	铅同位素组成 (%)				各种比例关系				Φ 值	模式年龄 (亿年)
	^{204}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb	^{208}Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$		
1. 北169-Pb ₄	1.445	23.928	22.440	52.187	16.559	15.529	36.116	1.066	0.72187	13.77
2. 北170-Pb ₅	1.439	23.708	22.507	52.347	16.475	15.641	36.377	1.053	0.74595	15.34
3. 北120-Pb ₇	1.417	23.943	22.480	52.157	16.897	15.865	36.808	1.065	0.73370	14.55
4. 北26-Pb ₉	1.390	24.048	22.117	52.445	17.301	15.912	36.730	1.087	0.70278	12.44
5. 北256-Pb ₁₀	1.434	23.855	22.365	52.346	16.635	15.596	36.503	1.067	0.72353	13.88
6. 北273-Pb ₁₁	1.446	23.960	22.453	52.142	16.570	15.528	36.059	1.067	0.72064	13.68
7. 北47-Pb ₁₂	1.425	23.870	22.426	52.279	16.751	15.738	36.687	1.064	0.73133	14.40
8. 北145-Pb ₁₃	1.441	23.959	22.453	52.148	16.627	15.582	36.189	1.067	0.72240	13.80
9. 北154-Pb ₁₃	1.437	23.856	22.397	52.309	16.601	15.586	36.402	1.065	0.72553	14.02
10. 北159-Pb ₁	1.46	23.72	22.12	52.67	16.25	15.15	36.08	1.07	0.69941	12.24
11. 北161-Pb ₂	1.43	23.63	22.91	53.03	16.52	15.32	37.08	1.08	0.69680	12.01
12. 北1-Pb ₆	1.46	23.59	22.26	52.68	16.16	15.25	36.08	1.06	0.72319	13.86
13. 2T-051a	1.40	23.77	22.35	52.48	16.98	15.96	37.49	1.06	0.73843	14.86
14. 2T-051b	1.41	23.84	22.26	52.48	16.91	15.79	37.22	1.07	0.72287	13.84
15. XL					16.68	15.68			0.73050	14.34

1-12号样由地矿部宜昌地矿所分析,13-14号样为中国科学院地化所资料,15号样为核工业部北京三所资料。

(4) 利用 R. S. Cannon(1961) 铅演化模型,这些数据均落在正常铅范围的小三角形内(图3),而且相当接近,表明它们的铅同位素组成为单阶段增长的正常铅^[6]。如采用 Hols-Houtermans 单阶段演化的原始 Pb-Pb 等时线计算公式,采用 $t_0 = 4430\text{Ma}$, $\alpha_0 = 9.307$, $b_0 = 10.294$, 可求出各样品的 Φ 值和模式年龄^[7]。可以看出,大部分样品的模式年龄在 13.7—14.5 亿年 (Ma) 之间,平均模式年龄为 13.8 亿年 (图4),与文献上发表过的高于庄组的地层的年龄大致相当,铅完全可能是在沉积时加入的。

(5) 这些矿床的 $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) : (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$ 和 $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) : (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$ 比值接

(1) 各样品的 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb 含量相当稳定,变化于 0.04—0.9%,均不超过 1%。

(2) 在同一矿床中, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值非常一致,分别为 16.16—17.30、15.15—15.96 和 36.12—37.73。

(3) 同一沉积层位上的矿床的铅同位素值也很一致。高板河矿床的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 16.712, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.673, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 36.660。黄土梁矿点上述三比值分别为

近于简单的“生长曲线”，表明铅来自一个共同的较深的、U-Th-Pb比值比较均一的地方^[4,5,8,9]。

(六) 黄铁矿的Se含量高

分析过黄铁矿的Se含量，结果不很一致。S/Se比值最高为118093，最低为17448。但从黄铁矿纹层中取出的样品的Se含量都比较高，S/Se比为27194。似可以得出一个笼统的印象，矿床中Se含量比较高，显然比海水形成的硫化物高得多，因而矿质来自海水或大陆的可能性比较小。

(七) 矿物形成温度较高，F含量较高

包裹体测温结果，黄铁矿的爆裂温度为296—330℃，闪锌矿的温度为297—340℃，矿物的形成温度都比较高。闪锌矿及方铅矿包裹体成分分析结果列于表3。

根据测算，闪锌矿中包裹体液体的近似总盐度为29%，方铅矿为15%。值得注意的是闪锌矿包裹体的F含量比较高。

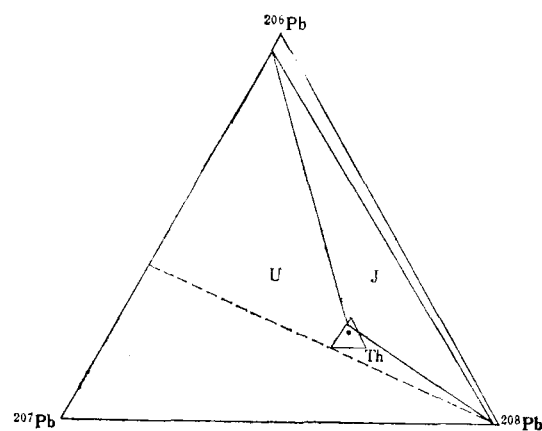


图3 兴隆一带层状硫化物矿床中铅同位素组成在Cannon三角图中的位置
Fig. 3. The position of lead isotopic compositions of stratiform sulfide deposits in Xinglong area in Cannon triangular diagram.

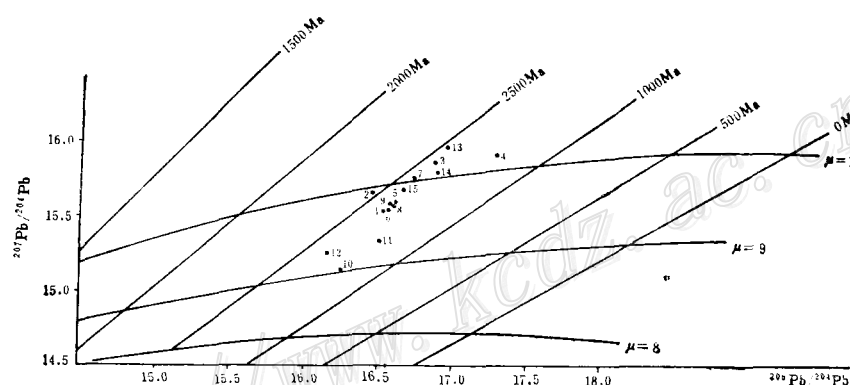


图4 兴隆一带层状硫化物矿床中铅同位素标绘图
(据表2的15个样品制作)

Fig. 4. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram of stratiform sulfide deposits in Xinglong area.

表3 包裹体成分分析结果(10克样品中的毫克数)

矿物名称	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	F ⁻	H ₂ O
闪锌矿	0.22	0.016	0.616	0.105	0.18	0.31	3
方铅矿	0.011	0.003	0.277	0.046	0.18	0.025	3

(地矿部宜昌地矿所分析)

二、矿床成因探讨

由前述可知,冀东层状硫化物矿床具有下列一些显著地质特征:都产在一个固定的层位中;矿体呈层状和扁透镜状与容矿岩石整合产出;矿体及其顶底板岩石中纹层构造等沉积组构极为发育;层状硫化物矿床中矿石铅的模式年龄与地层年龄一致等等。这些现象都表明硫化物的主体是在一个较平静的海盆中,于还原条件下和白云石等非硫化物同时沉积的。

硫化物矿层虽主要赋存在上白云质灰岩段的白云岩中,但在上页岩段的碳质页岩中也形成有工业价值的矿层,在板状白云质灰岩段的白云质灰岩中也见有矿化,可见矿化与岩相之间并无专属性。冀东已知的层状硫化物矿床作线状分布,东西延长仅六七十千米,而上白云质灰岩层在冀东却分布甚广。由此似乎可见,矿层的沉积是与局部地区矿质的大量供应有关。

作者据下述理由认为矿质可能来自一个较深的,物质组分较为均匀的地方,搬运介质是上升的热水溶液:(1)硫化物中含Se较多,纹层黄铁矿的S/Se比值约在27194左右,比较接近于上升溶液沉淀的硫化物中的Se含量,而比一般由海水硫酸盐还原形成的硫化物的Se含量要高得多,说明硫不大可能来自某种深源;(2)冀东地区层状硫化物矿床以富集重硫为特点,硫化物的沉积可能与某种深源水热流体有关;(3)同一个矿床内的铅同位素比值非常一致,一组矿床的铅同位素组成都紧挨着一条简单的U-Th-Pb衰减-增长曲线,表明铅具有某种比较均匀的或相同的来源,并且在运移的过程中极少污染,推测运移的速度比较快,运移的途径也是受局限的^[3,4];(4)黄铁矿、闪锌矿的形成温度都比较高,推测这些矿物可能形成于近300℃的水热流体中。F是深成热液(岩浆水等)的特有元素,而本区一些硫化物的气液包裹体明显含F。

表4 兴隆一带层状硫化物矿床与红海热盐水池沉积物特征对比

	兴隆一带(以高板河为例)	红海热盐水池 ^①
规模	6号和7号矿体,沿走向长2000m,斜深1500m以上	3个盐水池的大小: Atlantis II 12×5(km ²); Discovery 4×2.5(km ²); Chain 3×0.66(km ²)
温度	闪锌矿、黄铁矿的爆裂温度集中在290—330℃,估计沉淀发生在300℃的水热流体中	盐水池顶部的温度为100—150℃
矿物成分和组构	矿石胶状、隐晶状结构发育,黄铁矿常形成很好的微球粒,主要金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、白铁矿,以简单硫化物为特征	沉积物是凝胶状的,形成物中有很多硫化物,如黄铁矿、闪锌矿、白铁矿等,以简单硫化物为特征
盐度	根据包裹体成分分析,计算出包裹体的近似盐度为29%	热盐水的盐度大约在25%左右
同位素组成	层状黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为正值,以离散范围大、呈波浪状分布和富集重硫为特点。铅同位素组成均一	热盐水池底部硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值也是正值,不均匀程度也与大多数层状矿床相似。热盐水池沉积物中的铅同位素是均匀的

①据E. T. Degens和D. A. Ross 1969年资料。

在容矿的上白云质灰岩和上页岩地层中,迄今未发现火山岩,在与高于庄组相应的地质时代也未报导过有火山活动,因而很难把成矿作用与海底火山作用联系起来。

本层状硫化物矿床与红海热盐池沉积物有颇多相似之处,两者的特点对比如表4。

冀东兴隆一带层状黄铁矿-铅锌矿床的全部地质特征以及它们的空间分布表明,这些矿床是由沿海底较大断裂喷出的富含金属的水热流体形成的。成矿溶液沿断裂上升到海底,由于它含盐、含矿质,密度较大,在重力作用下沿海底流入断裂附近的凹地。成矿溶液温度、pH值和化学组成的变化,导致黄铁矿和闪锌矿等硫化物大量沉淀。成矿溶液的喷出以及硫化物的沉淀都具间歇性,因而矿体中层状、纹层状构造发育,矿层的厚度差异也很大。成矿过程示意于图5。

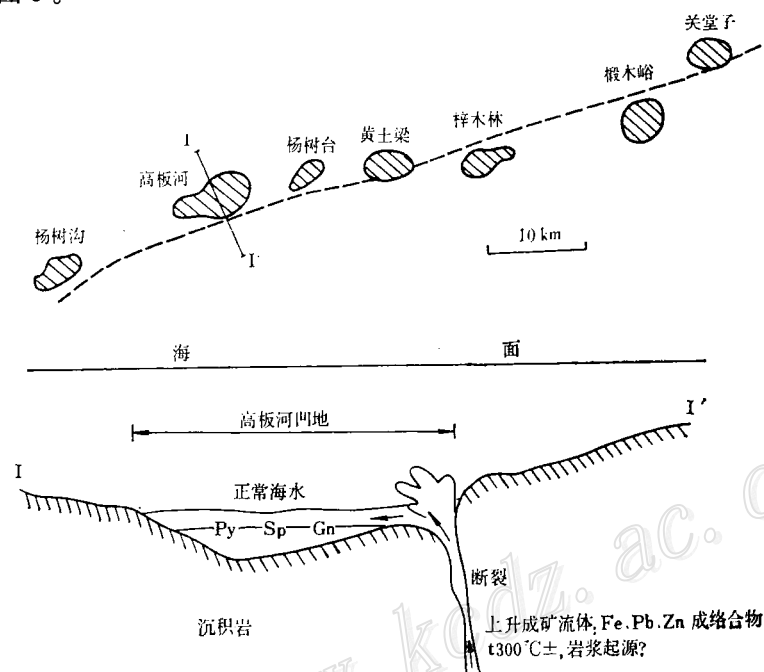


图5 兴隆一带层状硫化物矿床成因设想示意图

上为平面图,矿床受较大断裂和海底凹地控制;下为剖面图,方向如I—I',成矿溶液沿断裂上升,流入凹地,在其中沉淀黄铁矿(Py)、闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)

Fig. 5. Imagined genetic model for stratiform sulfide deposits in Xinglong area.

Upper part: plan showing ore deposits controlled by major fracture and submarine depression.

Lower part: section I-I' showing that ore fluids ascended along the fracture, migrated into the depression, and then deposited pyrite, sphalerite and galena.

主要参考文献

- [1] 沈觉先 江洪良 张惠民 1960 华北某铅锌矿床的地质特征及成因 地质论评 第20卷 第3期
- [2] 蔡绍周、胡钦德 1959 河北省某地铅锌矿的研究 地质学报 第39卷 第4期
- [3] 涂光炽、尹汉辉 1980 碳酸盐地层中某些层控铅锌矿床成因——以中国矿床为例说明 国际交流地质学术论文集(3) 成矿作用和矿床 科学出版社
- [4] 霍夫斯 1976 稳定同位素地球化学(中译本) 科学出版社
- [5] Wolf, K. H., 1976, Handbook of stratabound and stratiform Ore deposits. Vol. 1-4, Vol. 6, 8.

- [6] Cannon, R. S. and Buck, K. L., 1961, The data of lead isotope geology related to problems of ore genesis. *Econ. Geol.*, Vol. 59, pp. 1-38.
- [7] Jäger, E. and Hunziker, J. C., 1979, *Lecture in Isotope Geology*. pp. 283-311.
- [8] Park, C. F. and Macdiarmid, R. A., 1975, *Ore deposits*. 3 Edition, pp. 355-366, 424-428.
- [9] Stanton, R. L., 1972, *Ore petrology*. pp. 155-166, 169-197, 495-577.

GEOLOGIC CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE STRATIFORM SULFIDE ORE DEPOSITS IN XINGLONG REGION, EASTERN HEBEI

Feng Zhongyan and Zhang Xingyu

(*Department of Geology, Beijing University*)

Abstract

There exist a number of stratiform sulfide ore deposits in the Middle Proterozoic dolomitic limestone strata. The common features of these ore deposits are as follows:

Firstly, they are located linearly within the distance of 60-70 kilometers trending approximately east-west.

Secondly, they occur within the same horizon. The majority of them occur within the lower part of the Upper Dolomitic Limestone Member, and some also appear within the Upper part of the Upper Shale Member.

Thirdly, the sulfide ore deposits were formed in comparatively calm sea basins. The host rocks are fine-grained sedimentary rocks, without ripple marks, cross bedding or any other signs of erosion.

Fourthly, they occur as layers concordant with the stratification of the enclosing sediments. Thin stratification, lamination and framboid structure are well developed within the orebodies.

Fifthly, these deposits are mineralogically quite simple, with pyrite, sphalerite, galena, and siderite as the major metallic minerals and dolomite and quartz as the main nonmetallic minerals. Colloform and cryptocrystalline structures are well developed. Framboid pyrite is commonly seen; it may be a non-balance structure which implies that the pyrite was deposited from highly oversaturated solution. Pyrite and sphalerite are very fine with the diameters below 0.02 mm.

Sixthly, the sulfur is heavy. The range of $\delta^{34}\text{S}$ varies from 4‰ to +24‰,

with mean values around 17‰.

Seventhly, the lead isotope compositions are evenly distributed. In all the samples, the compositions of ^{206}Pb , ^{207}Pb and ^{208}Pb are rather uniform, varying within 0.4—0.9‰. Throughout the orebody as a whole, the values of $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ are extremely uniform, varying within 16.16—17.30, 15.15—15.96 and 36.12—37.73 respectively. There is also a high inter-deposit uniformity, for example, in the Gaobanhe ore deposit, the above three ratios are 16.71, 15.67 and 36.66 respectively; in Zimulin ore deposit, 16.25, 15.15 and 36.08; and in Gantangzi ore deposit, 16.52, 15.32 and 37.08. The average model age of lead is around 1380 Ma, which is consistent with the age of the Gaoyuzhuang Formation. The $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ relations in these deposits approximate to a single "growth curve", indicating that they have common origin in a deep source with uniform U-Th-Pb ratios.

Eighthly, sulfides have high selenium content. In pyrite, for example, S/Se ratios are around 27,000, which are much higher than those of sulfides formed through sea-water sulfate reduction.

Ninthly, the formation temperatures of sulfides are high. The decrepitation temperatures are at 196—330℃ for pyrite, 297—340℃ for sphalerite with high content of F in mineral inclusions, and the salinity is over 20%.

The stratiform sulfide ore deposits in eastern Hebei are similar to the recent sulfide-rich sediments of the red sea brine pools in many respects, such as:

In size: many stratiform sulfide ore bodies in Eastern Hebei extend over one thousand meters both along strike and along dip, while the sizes of the brine pools in the Red Sea are $12 \times 5 \text{ km}^2$ for Atlantis II, $4 \times 2.5 \text{ km}^2$ for Discovery and $3 \times 0.66 \text{ km}^2$ for Chain.

In temperature of the ore-forming solutions: the decrepitation temperatures of pyrite and sphalerite are concentrated in the interval 290—330℃, suggesting the probable deposition of these minerals from hot fluid with a temperature of 300℃; at the top of the brine pools, however, the temperatures are 100—150℃.

In mineral constituents and fabrics: in these stratiform sulfides, the colloform and cryptocrystalline structures are well developed, mineralogy is characteristically simple, dominated by pyrite, sphalerite, galena and marcasite; in the brine pools, sediments are in the state of gel, which contain many sorts of sulfides with pyrite, sphalerite and marcasite as predominant ones.

(to be continued on p.30)