

# 龙头山铅锌矿次生晕法的地质效果

楚之潮

为了保建设，保矿山，扩大储量，我队曾在龙头山铅锌矿周围开展综合性的物化探普查找矿，其中化探次生晕地质效果显著，现概要介绍如下。

## 一、地质概况

龙头山铅锌矿床位于燕山期九华山花岗岩闪长岩体的边缘。区域出露的地层有中上寒武统青坑组薄板状灰岩、下奥陶统仑山组块状厚层灰岩、白云质大理岩及中奥陶统汤山组厚层灰岩、碎裂块状灰岩。矿体赋存于仑山组白云质大理岩与汤山组大理岩化的厚层灰岩之间，或汤山组大理岩化的厚层灰岩中，局部矿脉伸到仑山组白云质大理岩内，或

产于汤山组碎裂块状灰岩中。矿体产状主要受层间裂隙控制，次要矿体与斜交走向的北东或北西向裂隙有关。矿体产状与接触带产状近于一致，出露位置一般相距接触带

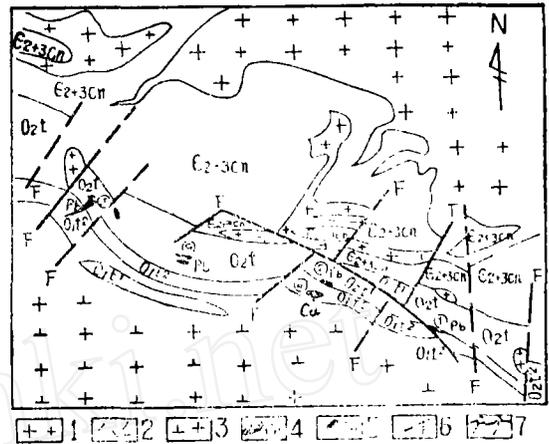


图1 矿区地质示意图

$O_2t^2$ —中奥陶统汤山组碎裂状灰岩； $O_2t^1$ —中奥陶统汤山组厚层状灰岩； $O_1t^2$ —下奥陶统仑山组白云质大理岩； $O_1t^1$ —下奥陶统仑山组块状厚层灰岩； $E_2-3cn$ —中上寒武统青坑组薄板状灰岩；1—花岗岩(γπ)；2—花岗岩脉(X)；3—花岗岩侵入体(γδ)；4—铜矿体及编号(Cu)；5—铅矿体及编号(Pb)；6—石英脉(F)；7—石英脉

20~50米(图1)。

矿体走向长约40米，个别支矿脉延长可达70米，倾向现已控制最大延深达150米，厚2~4米。矿体形态为倾向延伸大于走向长度而向下侧伏的透镜状、“豆荚状”或不规则脉状，倾角60~70°。地表露头呈细脉状，最大长、宽仅1米左右。

金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿及少量的黄铜矿；氧化矿物为褐铁矿、菱锌矿，少量孔雀石。

围岩蚀变主要是矽卡岩(石榴石和绿帘石)化、绿泥石化、硅化和大理岩化。为中温热液碳酸盐岩石交代型矿床。

矿体氧化深度仅5米左右。

的平均品位始终比有益组分实际品位要高，而用算术平均法计算的平均品位则比有益组分实际品位要低。于反比时，用加权平均法计算的平均品位始终比有益组分实际品位要低，而用算术平均法计算的平均品位则将比有益组分实际品位要高。”他的结论虽有须要商榷之处，但他比

胡佛前进了一步，发现了长度加权平均法和算术平均法计算的平均品位与实际品位有误差。不过，他仍然把注意力集中在厚度这个因素上，忽略了体重这一个更为重要的因素。

总之，只有按重量比例合并样品时的品位，和用重量加权平均法计算的品位，才能反映矿体的实际品位。

整个矿带主要有①、②、③、⑨号四个矿体。①号为正开采的矿体，②号为本次工作中钻探验证深部具有一定规模的矿体，③、⑨号为本次工作新发现并经探槽或浅井揭露初具一定延长和延深的矿体。

本区属于温带过渡性气候。生长草木植物。残坡积物厚0.2~1米，发育B、C层，地形坡度约35~40°，外生条件有利于次生富集。

## 二、工作方法

工作初期，先对矿石进行光谱多元素半定量分析，获得铅、锌、铜、银、锰的组合高含量。接着选择铅、铜作为指示元素进行比色分析，在已知矿露头上作次生晕法有效性的剖面试验，获得清晰的异常，异常基本上没有位移。

铅、铜富集粒度和深度的试验，符合正常的特征。铅富集在地表10~20厘米（相当于A层），异常值为4500 ppm。及50~60厘米（相当B层下部），异常值为6400 ppm两个部位。两者比值为1.4，铜仅富集在B层最下部即60~70厘米处，异常值为2800 ppm，在地表20厘米处，只有300 ppm左右的弱异常，如与最富集部位相比，要差7.7倍。富集粒度变化不大，铅稍富集于粗颗粒中，但在不是富集层位的30厘米处，则富集于细粒中；铜趋于细颗粒富集（图2）。综合上述试验，作为铅锌矿床的单一铅金属在不需要加大采样深度、增加采样重量就可达到很有效的指示作用，因此选择投入生产的加工粒度为100网目，采样深度为20厘米。

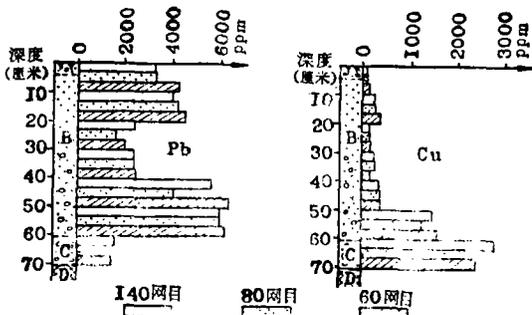


图2 铅、铜次生晕富集粒度与深度

全区样品采用铅、铜比色分析，灵敏度为 $2 \times 10^{-3}\%$ 。分析可靠，合格率 $>94\%$ 。工作结果，50%以上的含量是在10~40ppm之间。依异常在剖面上反映的特征，铜、铅测定的灵敏度20ppm基本上反映了背景的含量。异常下限的确定：先按经验取背景值的三倍80ppm以下数据，求出算术平均值( $\bar{X}$ )和标准离差( $\sigma$ )：

铅：

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{26545}{879} \approx 30 \text{ ppm}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{316525}{878}} = 18.6 \text{ ppm}$$

铜：

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{35971}{814} \approx 43 \text{ ppm}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{269969}{813}} = 18.24 \text{ ppm}$$

如按 $T = \bar{X} + 3\sigma$ 求出：铅为84.0ppm，铜为87.72 ppm均大于经验舍去的80 ppm数据。因此，可按经验公式： $T = \bar{X} + 2\sigma$ 求出异常下限。所得，铅： $T = 67.2 \approx 70$  ppm；铜： $T = 79.48 \approx 80$  ppm。由此数圈定异常较为完整、清晰、合理。

## 三、异常的认识和评价

毛主席说：“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性，如果不合，就会在实践中失败。”通过1:5000面积性自然电场和次生晕铅、铜量测量，发现综合异常3个，自电异常10个，铅量异常8个。为了正确的认识和评价这些异常，我们主要结合已知矿体产出的地质因素、产生异常所反映的次生分散场的特征，进行异常分类及配合适当的及时的工程揭露，使之对异常的认识合于客观外界的规律性。

1. 首先了解异常出露位置的地质情况。通过实地了解，四个比较规整、清晰的铅、铜异常（①、②、③、⑨），呈带状分布在

表 1

异常编号	元素	异常规模 (米)		异常极大值 $C_{max}$ (ppm)	峰支频率	异常密度	异常梯度	地形坡度	矿体露标 (米)
		长	宽						
①	Pb	300	210	28800	单	大	陡	38°	120
	Cu	110	20	250	单	小	缓		
②	Pb	320	210	5760	多	大	较陡	44°	130~136
④	Cu	270	70	71600	单	大	陡		
③	Pb	310	150	7200	双	较大	陡	25°	138 152
	Cu	100	40	80	单	小	缓		
⑨	Pb	310	180	5040	单	较小	较缓	39°	194
	Cu	250	20	100	单	小	缓		

注：④号铜异常为②号铅异常下方很近的铜矿体露头引起。

表 2

异常编号	矿体规模 (米)				验证工程
	品位 (%)	厚度	露头长度	控制延深	
①	4.53	1.4~4.0	15	120	已井下开采
②	3.75	1.1~4.5	12	150	平巷和钻孔揭露
③	1.48	0.8~1.6	15	8.5	探槽和浅井揭露
⑨	0.619	3.7 (二条矿脉总厚)	10	地表	探槽揭露

①号已知矿体产出的会山组白云质大理岩 ( $O_1t^2$ ) 和汤山组厚层大理岩化灰岩 ( $O_2t^1$ ) 之上。①号异常又与①号矿体很吻合，其极大值28800ppm与地表矿体露头仅位移了0.5米；而②、③、⑨号异常极大值附近也指示了地表有矿化或细小矿脉的存在。

2. 分析各异常特征 (表 1, 图 3、4、5、6)，一般长300~350米，宽150~200米，形态近似一致。异常强度虽然表现已知矿体引起的极大值较其它要高 (可能与取样点距矿体的远近及地形坡度有关)，但其它几个异常强度都差不多；峰值出现的频率除②号异常由于地表有较多的细小矿脉所引起的密度较大的多峰支外，一般都是单峰支，且梯度不对称，南翼比北翼为缓，这显然与共同的内生成矿位置、剥蚀程度、外生条件

和近似的地形坡度及分布标高有关。

3. 进行异常分类，消除干扰。①、②、③号异常为自电与次生晕铅铜量综合异常，⑨号异常为单一次生晕异常。根据异常特征，及与已知矿体对比，同时考虑矿床特征，因含多量黄铁矿的铅锌硫化矿床，氧化深度虽不大，但有明显的氧化还原带，所以次生晕铅量异常伴随出现 -40~-100mV 的自电异常，可为一类最有希望的异常。其它各自单一的异常，作为铅量在上述四个异常带的北部出现的一些低缓的 (极大值仅300~400ppm)、无规则形态的或点状的异常，为二类异常。为了弄清引起这些异常的原因，通过剖面原生晕和区域岩石光谱半定量分析，除矿体和矿化岩石外，均无异常反映；唯有异常所在的大面积寒武系薄板状硅质灰岩及其中的石英脉含铅量稍有偏高，可达100~500ppm，故对二类异常可谓区域地层岩石所引起的非矿异常。

#### 四、地质效果

1. 通过上述对异常的认识和评价，紧接着对⑨、③、②号异常进行验证。⑨号异常经探槽揭露出总厚达3.7米的二条矿脉，品位为0.619% (图 4)；③号异常先经浅井揭露出厚0.8~1.6米的一条北西向主矿脉 (沿层

间裂隙),控制延深8.5米,平均品位1.48%,再根据异常的形态变化又用探槽揭露出一条北东向支矿脉,延长达70米,与异常圈定的形态近似一致。随后通过物探BII法充电、中间梯度和电测深测量,进一步证实铅量“入”字形异常系由北西40°和北东50°两组矿脉交叉所引起(图5)。

②号异常原先通过浅井和平巷控制已证实地表细矿脉有所延深,再通过坑道原生晕的试验,在矿脉上出现比地表更清晰的Pb、Zn、Cu、Cd、As、Ag等综合异常,因此认为深部一定存在更好的工业矿体。经深部钻探工程验证得到了证实,揭示出矿体厚4.5米,平均品位3.75%,控制延深达150米(图6,表2)。

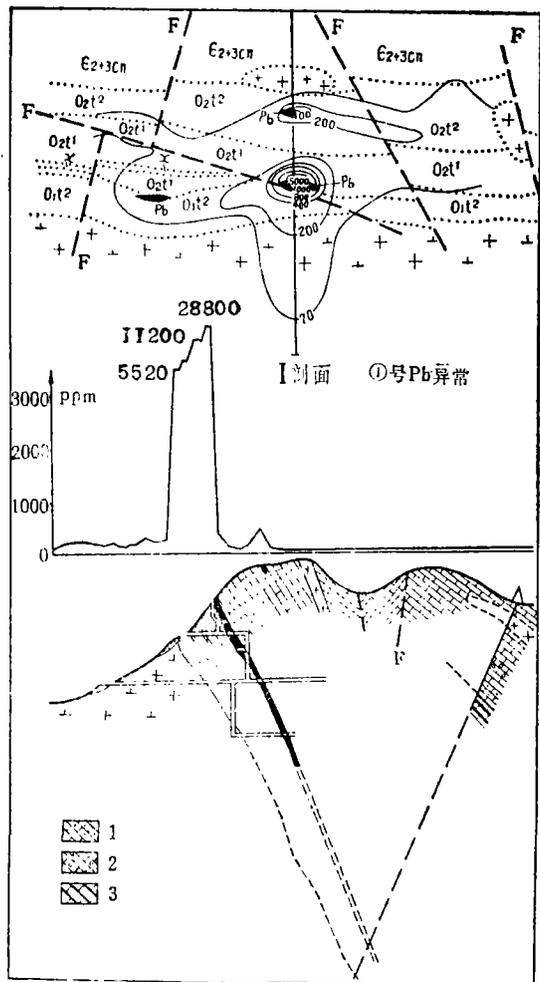


图3 ①号铅异常平、剖面图  
1-透辉石化; 2-铜矿化; 3-炭质; 其它图例见图1

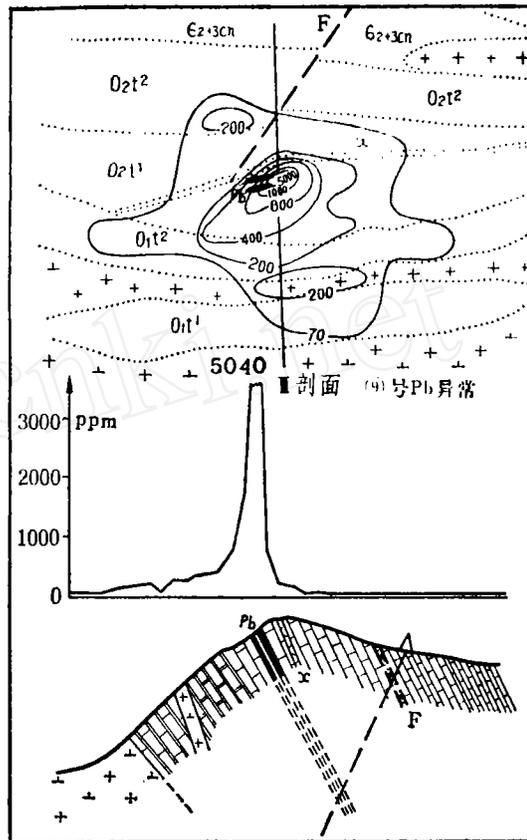


图4 ④号铅异常平、剖面图  
(图例见图1)

2. 单一的自电异常,极大值一般较大,达-200mV以上。通过选择⑦号异常进行钻探验证,结果证实异常完全由寒武系青坑群局部炭化灰岩所引起,从而说明了本地区次生晕验证物探的地质效果。

3. 在上述各异常验证后,试图通过剖面进行一些参数计算,对比①号开采矿体,研究次生分散与富集特征,获得了较好效果,进一步证实了次生晕铅、铜量测量在本区寻找工业铅锌矿体是非常有效的直接的找矿方法。

参数计算结果见表3。

因铅量异常地质效果最好,故对铜量异常计算结果就不多赘述。

(1) 线总金属量较大,大于10米%,最大达41.33米%(①号矿体),线总金属量与矿脉露头规模成正比关系;线总金属量大,

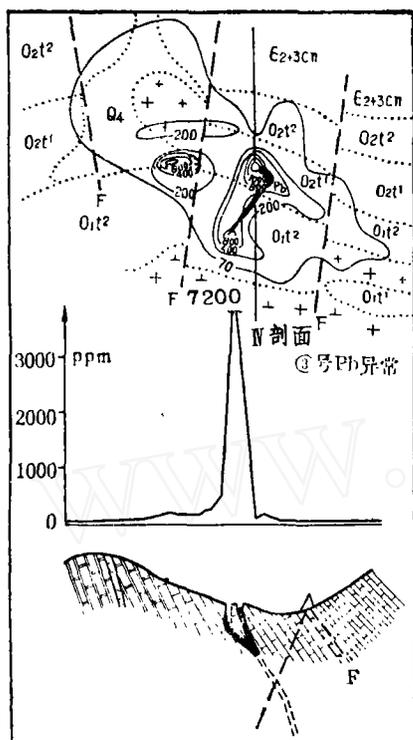


图5 ③号铅异常平、剖面图

Q-第四系; X-煌斑岩脉; 其他图例见图1

富集系数也较大, 本区富集系数约5~7, 反映各矿体具有小而富的特点。

(2) 异常极大值比较接近, 其变化, 反映矿体品位的差异及取样点距离矿体的远近。极大值相近表明全区各矿体的次生分散作用的一致性。所以各异常极大值与矿石品位之比的原始衬度也较接近, 在0.16~0.81之间。

(3) 异常位移距离很小, 一般在0.5~1米左右, 计算结果与实际情况相符。所以异常极大值及梯度最陡一翼的位置正表明矿体的出露位置。

(4) 本区分散系数和分掉系数除②号异常一般不大。①号异常的极大值和线总金属量虽较大, 但分散系数和分掉系数与③、⑨号异常相差不大, 进一步说明本区次生分散的一致性。

(5) ③、⑨号异常矿化程度虽都小于①、②号异常的矿化程度, 但只能说明由于地表品位较低, 不能说明深部。例如②号矿

体地表就是由品位不高的细小矿脉所组成。另外③、⑨号矿露头出露标高高, 矿体剥蚀浅。所以深部存在着较好的工业矿体是有可能的。

4. 呈“串珠”带状异常的分布(图7), 反映该区互不相连的透镜状矿体构成同一成矿性质、同一赋矿位置的层间裂隙构造的成矿带。工作后期, 我们沿此异常带的北西延长较远的方向上, 在相同的地层构造位置上, 又发现了新的较大的铅、锌矿露头, 经探槽揭露和中梯测量均指示深部很有希望。

## 五、小结

本区次生晕工作, 可归纳为以下几点认识:

1. 铅、铜是本区有效的指示元素。铅量

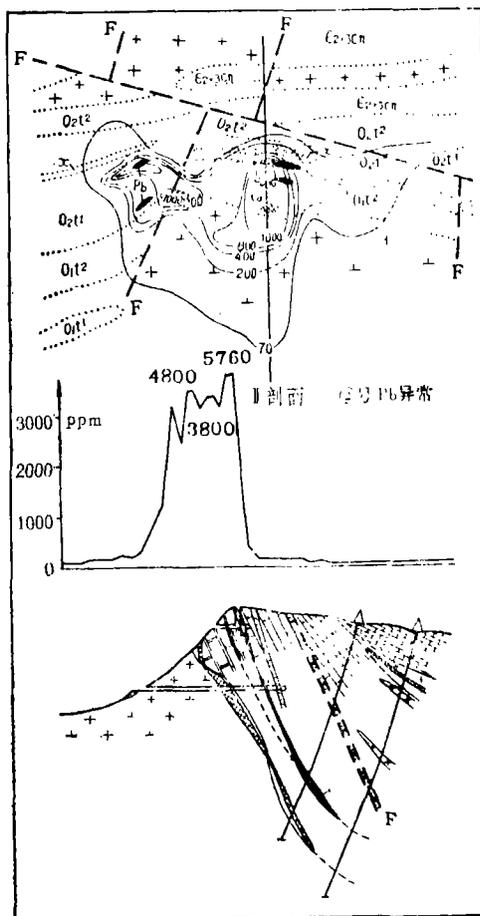


图6 ②号铅异常平、剖面图

X-煌斑岩脉; 其他图例见图1.

表 3

异常编号	剖面号	元素	线总金属量 (米%) M <sub>1</sub>	富集系数 q	矿化程度 (米%) Ch	分掉系数 (米) σ	分散系数 K	位 距 离 (米) S <sub>a</sub>	参 与 计 算 参 数				异常极大 值与 矿石品位 之比 (初度)		
									矿体 品位 (%) C	矿体 厚度 (米) h	异常极大 值 (ppm) C <sub>max</sub>	浮土 厚度 (米) Z		位 移 系 数 A	地 形 坡 度 α
①	I	Pb	41.33	6.5	6.34	5.7	11.4	0.5	4.53	1.4	28800	0.5	3.2	38°	0.64
		Cu	0.36	3.2	0.112	6.4	12.8	0.5	0.08		250				0.31
②	I	Pb	29.77	7.2	4.125	29.2	41.7	1.41	3.75*	1.1	5760	0.7	(3.2)	44°	0.16
④		Cu	6.55	1.1	5.80	1.68	3.36	0.77	2.9*	2.0	71600	0.5			2.5
③	II	Pb	16.50	6.9	2.37	9.3	18.6	0.37	1.48	1.6	7200	0.5	(3.2)	25°	0.48
		Cu	0.12	1.0	0.12	8.0	16.0		0.076		80				0.11
⑤	III	Pb	10.91	4.8	2.29	8.9	12.7	1.27	0.619	3.7	5040	0.7	(3.2)	39°	0.81
		Cu	0.21	0.06	3.33	1.04	1.83		0.898		100				0.011

注: ① 计算公式:  $M_1 = \sum (C_x - C_0) \Delta X$ ;  $q = \frac{M_1}{Ch}$ ;  $\sigma = \frac{\Delta X \sum C_x}{2.5 C_{max}}$ ;  $K = \frac{\sigma}{Z}$ ;  $S_a = AZ^2 \tan \alpha$

② C<sub>x</sub>-每点含量值; C<sub>0</sub>-背景值; ΔX-点距

③ (3.2)-为①号已知矿体的位移系数

\* 钻孔揭露矿体品位, 其它为地表工程揭露矿体品位

测量, 采样深度20厘米即可, 铜量测量, 最好要采B层底部。加工粒度, 兼顾二者, 100 纲目过筛为宜。化学比色分析灵敏度铅、铜均为  $2 \times 10^{-3} \%$ , 已满足对异常的圈定。

2. 异常下限: 铅 = 70ppm; 铜 = 80ppm。用铅为500ppm、铜为1600ppm以上含量值圈定的异常规则, 更接近反映矿体的形态与规模。异常极大值位置与矿体出露位置近吻合。

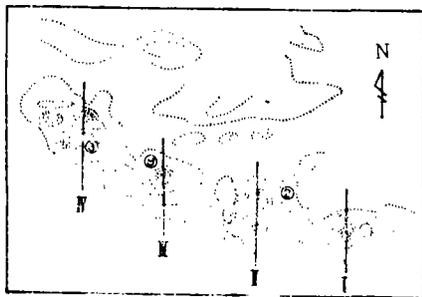


图 7 异常平面图

异常等值线为70、200、400、800、1000、5000ppm;

①、②、③、④为铅异常编号; I、II、III、IV为剖面号。

3. 当剖面铅总金属量 > 16米%以上, 参考已知矿的富集系数, 所得矿化程度 > 2米%以上, 初步估计, 该矿体的露头规模可能具有工业价值, 有必要追索深部。总金属量和矿化程度愈大, 反映矿体品位也一定较高。

4. 相同异常规模的, 例如异常长与宽之比近似3:2或2:1, 则近似反映矿体露头长与宽之比约10:1。

5. 异常的轴向与矿露头走向一致。主矿体沿层间裂隙产出, 次要矿体沿其它裂隙方向产出, 则异常形态也随之而异。矿体侧晕的存在, 其下盘的异常梯度较上盘要缓, 但异常的梯度变化主要还是受地形控制。

6. 对本地区该类型矿床的寻找, 次生晕铅、铜量测量配合自然电场和中间梯度法, 地质效果更佳。自然电场的干扰异常完全可以用次生晕测量消除, 但中间梯度 (AB = 700米) 测定深部工业矿体效果显著。