

举例说明用诺模图确定各参数的次序*。

实例 矿点为一条矿脉, 倾角 $60\sim 80^\circ$, 平均厚度2.5米, 埋深30~60米 (平均45米)。矿石为第二类型的易选矿石, C_2 级的大致储量和 P_1 级的预测资源为400万吨, 平均品位1.3%。由表1查出, 根据矿体的形态特征和产状, 矿床属第二类。在诺模图上, 形态(II)与工艺经济(2)类型用符号II—2表示。品位与用于工业建设投资额的参数变化图线, 是根据针对基准地区计算得出的上述参数值绘制的几条直线。首先确定地下开采的参数。对应横坐标轴上的数字4, 在最低工业品位图线上取一个点, 该点在纵坐标轴 (左侧) 上所对应的品位为0.37%, 在限度图线上边界品位为0.16%。为了确定适合于地区性系数为3.4的地区的金属最低工业品位, 由直线图上所找到的点 C_{MIFH} 引平行线与校正值为3.4的斜线相交。由该交点追溯垂直线至上面 (或下面) 的水平刻度, 得出适于该区条件的最低工业品位值等于1.25%。同法得出边境界限度为0.56%。把整个矿床的平均品位 (1.3%) 与在诺模图上找到的最低工业品位, 就可以确信矿床用地下方法开采在经济上是适宜的。

再检查矿床露天开采的可能性。在不存在剥离的条件下, 图上得出的最低工业品位为0.16%。如果剥离系数等于 $2.5\text{m}^3/\text{t}$, 则必须进行相应的校正。为此, 在0.16%的水准上, 引平行线至校正值为2.5的斜线, 得出基准地区 (已考虑剥离) 矿床开采的最低工业品位等于0.4%。接下来沿0.4%的垂线追踪至与斜线1相交, 由该点沿0.4%的水平线至校正值为3.4的斜线。引入校正值, 使品位限度适合于研究区的条件。在水平刻度上, 露天开采的最终最低工业品位等于1.35%。将该品位与矿床的实际平

均品位对比之后, 即可确信矿床只有地下开采才有效益, 因为平均品位 $\bar{C} < C_{\text{MIFH}}^{\text{露天}}$ 。

基准地区的投资额在图上为3000万卢布, 区域性系数等于2.4**。由3000万卢布的水平线与2.4的斜线的交点向下引垂线: 研究地区用于工业建设的投资额等于7200万卢布。先确定不存在剥蚀条件下基准地区露天开采时矿床的投资额, 然后再把剥离系数考虑进去。最终的投资数值 (校正值为2.4) 为8000万卢布。因此, 根据品位限度和投资额等数值, 对本矿床来说, 地下开采才是最佳方案。

假定暂时只计算出了基本技术经济指标, 金属价格增长了50%, 因此指标限度应按比例降低 (如果开采1吨矿石的营业费用和其他费用不变的话)。考虑到金属价格上涨的最低工业品位 (C'_{MIFH}), 可以按比例关系 $C'_{\text{MIFH}}/C_{\text{MIFH}} = U/U_1$ 来计算。式中, C_{MIFH} —不考虑价格变化的最低工业品位; U_1 —涨价前的金属价格; U —新的金属价格。如果 $U/U_1 = 1/1.5$, 则 $C'_{\text{MIFH}} = 0.67C_{\text{MIFH}}$ 。在垂直刻度的左边查到先前在诺模图上针对地下开采所确定的 $C_{\text{MIFH}} = 1.25\%$ 数值, 沿水平线追踪至校正值为0.67的斜线。由交点下引垂线, 在金属为新价格的情况下, C_{MIFH} 值等于0.83% (在诺模图上所确定的考虑到金属价格变化后的最低工业品位用虚线表示)。

该方法在已批准了工业指标的几十个矿床上进行了检验。限度上的偏差为1~18%, 平均9.5%; 投资额的偏差为0~22%, 平均13%。以上述诺模图为立足点的这个方法, 得到了苏联地质部一个局的核准, 并建议生产单位广泛采用。

晋越 摘译自: Разведка и охрана недр, 1983, № 2, стр. 17~20

作者: В. В. Стефанович

用于评价化探异常的矿物杂质元素

作者研究一个金矿床的结果表明, 如果利用不同金属矿物中杂质元素的含量资料, 而不是一般化探样品的分析结果来确定地球化学分带, 则分带的衬度将可以大大提高。

矿田内出露晚侏罗世花岗岩、太古代变质岩和下侏罗统火山沉积岩。区内已发现了走向长度较大, 但厚度较小, 倾角陡的北东向矿带, 以及厚度较大, 但走向长度较小的近南北向矿带。矿床属于金—硫

* 实例中采用的是针对最典型的矿床所确定的指数, 其中的每个指数都将被单个企业所掌握。

** 用于校正开采费用与投资额的区域性校正系数值是不同的。

化物—石英建造。矿石由毒砂、黄铁矿、闪锌矿和方铅矿组成。共划分出石英、石英—辉钼矿、石英—电气石、石英—黄铁矿、石英—黄铁矿—毒砂、多金属、石英—硫酸盐和碳酸盐等八个成矿阶段。其中，石英—黄铁矿、石英—黄铁矿—毒砂和多金属矿物组合是金的成矿阶段。金的分布极不均匀。用单矿物样品研究了黄铁矿、毒砂、方铅矿和闪锌矿中杂质元素的组成及其分布，共分析了采自地表、坑道及岩芯的原生晕及矿体中的187个单矿物样品。

由于金的分布极不均匀，加之分析测定费用昂贵，所以没有利用金作为化探异常定量解释的指示元素。主要研究了矿石和异常中分布比较稳定的那些伴生元素。文中仅描述了矿物中金的伴生元素分

布特征。不同条件下生成的黄铁矿中含有As、Zn、Sb、Ag、Cu、Au、Ni、Co、Mn、Bi、Mo、Sn、Ti、V。从上部中段到下部中段，黄铁矿中伴生组分的含量显示出有规律的增减。Sb、Ag、Zn和Pb的含量向深部是递减的（图1）。在垂直纵剖面上，黄铁矿中杂质元素的含量有变化。剖面上标出了矿带与坑道或钻孔的交切点，以及不同的杂质元素含量区（系根据在给定坑道或钻孔所采的一系列样品算出的算术平均值）。As、Cu、Mo、Sn、Ti和V大致保持在同一含量水准，Bi、Mn、Ni、Co增高。为了对不同杂质元素的带状分布特征进行对比评价，采用了计算分带指数的方法，并建立了黄铁矿及其他矿物中杂质元素的分带序列（见表）。

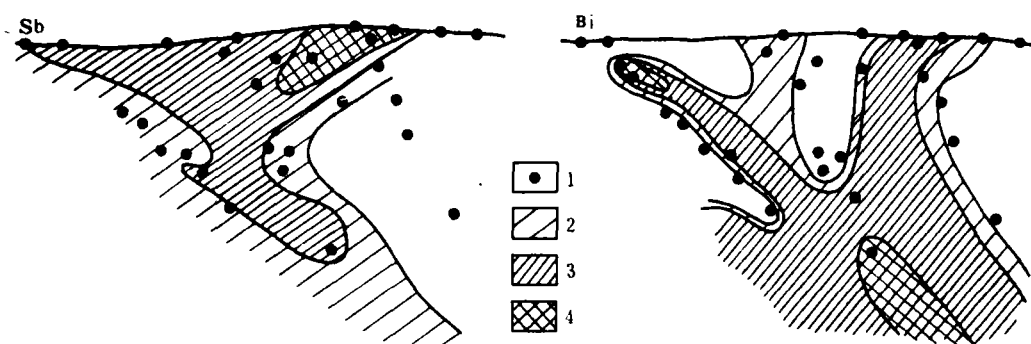


图1 黄铁矿中的杂质元素在矿带剖面上的分布
1—观测点；2~4—元素的不同含量区（由低到高）

载体矿物	杂质元素分带序列*
黄铁矿	Ag—Zn—Sb—Pb—As—V—Mn—Bi—Cu—Zn—Mo—Co—Ni—Ti
毒砂	Sb—Pb—Zn—Ag—Bi—Cu—Zn—Mo—Mn—Ti
方铅矿	Sb—Zn—Cu—As—Sn—Mo—Ag—Bi—Mn—Ti
闪锌矿	Sb—Pb—Cu—Sn—Bi—As—Ag—Mn—Ti
* 统一序列:	Ba—Sb—As—Cu—Ag—Pb—Zn—Cu—Bi—Ni—Co—Mo—Sn—As—Be—W

在该序列中，自左向右，矿上元素被矿下元素有规律地代替。杂质元素的这些分带是彼此接近的，并且与含硫化物的热液金属矿床指示元素的统一序列是一致的*。唯有占据着方铅矿和闪锌矿中杂质元素分带序列右边特殊位置的银，才有明显的区

别。这些资料证明了在杂质元素分布上所表现出的明显的地球化学分带性，而这种分带性是与含硫化物的热液矿床原生晕地球化学的统一分带是一致的。毒砂中的杂质元素有Pb、Sb、Zn、Ag、Cu、Bi、Mo、Ti、和Mn。向深部，Sb、Pb、Ag和Zn

* Барсуков В. Л. и др., Геохимические методы поиска рудных месторождений, М., Наука, 1981

的含量减少, Bi、Cu、Ti含量几乎保持同一水准, Mo、Mn含量剧增。

方铅矿多见于矿带上部, 其中的主要杂质元素是Sb、As、Ag、Cu、Zn、Mn、Bi、Ti、Sn和Mo。向深部, Zn、Cu含量猛减, Bi、Ti和Mn含量增高, As、Ag、Sb、Sn和Mo含量大致保持同一水准。闪锌矿含有Sb、Pb、Mn、Ag、As、Bi、Cu、Sn和Ti等杂质。Sb、Pb和Sn在矿带上部中段含量最高, 向深部Mn、As含量增加, Cu、Ag、Bi、Ti的分布则无规律性。

在所研究的剖面上, 圈定出的不同累加系数值区 $[K_3 = (Sb \cdot Zn) / (Bi \cdot Mn)]$ 表明, 尽管该系数所包含的元素数量极为有限, 但仍可划分出非常清晰的垂直分带。在400~500米的深处, 该系数成百万倍地减小。值得指出的是, 根据化探取样资料圈定的原生晕中分带系数所发现的分带性, 其衬度值不超过几万, 即比根据杂质元素所确定的分带衬度值高两个数量级。许多研究工作都证实了不同类型矿床载体矿物和富集矿物中杂质元素分布的高度不均匀性。因此, 实际上不能搞清杂质元素丰度的空间变化规律, 并用以评价化探异常。而引进研究地球化学分带性的累加系数法, 就能使这项工作的成果大为改观。由于干扰被抑制, 藉助于累加系数, 就能够更明确地确定矿物中杂质元素的空间分布规律。

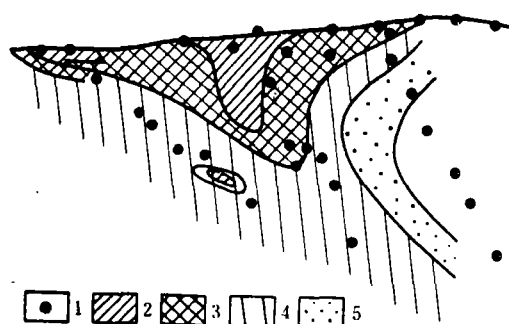


图2 矿带剖面上分带系数

$$K_3 = (Sb \cdot Zn) / (Bi \cdot Mn) \text{ 的分布}$$

1—观测点; 2~5—不同系数值区(从0.01~10000)

解释化探异常的一项最重要的任务, 除了评价其剥蚀水准以外, 就是确定矿化的规模, 即工业价值。目前还没有解决这个问题的可靠的地球化学准

则。研究矿石主要矿物中杂质元素的空间分布特征, 是解决这个问题的最有前途的一种方法。以取自一个矿床的大矿体和小矿体的黄铁矿为例, 探讨了利用上述准则评价被预测矿化规模的可能性。研究工作表明, 大矿体中的黄铁矿富含Sb、Ni和Ag, 小矿体则富含Ti和V。以上述资料为基础, 计算出了矿化规模的累加系数 $K_M = (Sb \cdot Ni) / (Ti \cdot V)$ 。由图3可见, 根据 K_M 值, 可把两类矿体明显的区分开, 从而为利用矿物杂质元素的空间分布特征大致评价被预测的矿化规模, 提供了原则上的可能性。如所周知, 利用原生晕地球化学垂直分带评价化探异常和矿点剥蚀水准的可靠性, 主要取决于分带的衬度。而查明衬度高的分带, 必将导致以一组系数为基础的处理化探数据的累加方法的广泛应用。应用该法的可能性, 受矿化指示元素组合的限制。如果上述方法不仅用来根据地球化学取样的分析结果发现共同的地球化学分带, 而且也用于确定累加地球化学分带, 则分带的衬度就能进一步提高。下面介绍的是处理矿物—地球化学研究数据的一个实例。

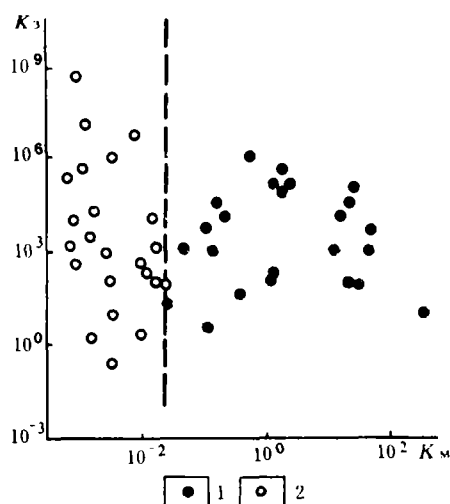


图3 分带系数 K_3 与矿化规模指数 K_M 值的关系图

1—大矿体; 2—中、小矿体

黄铁矿、毒砂、方铅矿和闪锌矿的单矿物分带衬度分别为 $n \cdot 10^6$, $n \cdot 10^5$, $n \cdot 10^3$ 和 $n \cdot 10^4$, 而这些矿物的累加分带衬度系数为 $n \cdot 10^{20}$ 。考虑到表中所列序列的相似性, 针对所有被研究的矿物计算出了第二级累加系数 $K_3 = (Sb \cdot Zn) / (Bi \cdot Mn)$ 。

在这种情况下, 闪锌矿中的锌被等价的指示元素铅所替代。同时还对所有矿物都确定了垂直分带衬度系数。利用依次计算出的两类累加系数(单矿物和多矿物)所确定的多矿物分带非常清晰(超过20个序列)。因此, 发现多矿物最高衬度分带的上述方法的可能性, 几乎是不可限量的。在累加系数中, 如

能用上单矿物样品中多数载体矿物及杂质元素方面的数据, 则地球化学分带的衬度就能得到提高。

曹斌 摘译自: Разведка и охрана недр, 1983,

№ 2, стр. 29~33

作者: С. В. Григорин, И. В. Гольдмахер

锡矿床的矿物—工艺填图

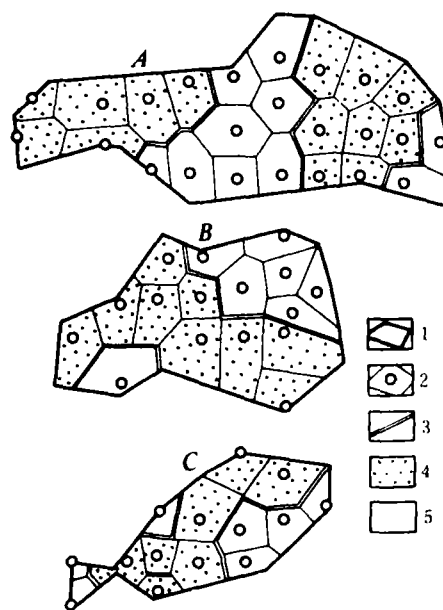
矿床的矿物工艺填图, 是了解不同工业品级矿石的物质成分、可选性和确定矿石边界的一种可行的方法。在东西伯利亚的阿金诺科耶锡矿床所完成的这种填图工作, 使得地质经济评价和储量计算更为客观。

这里的工业矿化赋存在一个含锡的石英—黄玉斑岩穹状岩体中。矿化属于网脉型, 由锡石细脉和分散的矿染组成。矿体没有明显的界线。矿床的勘探采用了两个中段的水平坑道和垂直钻孔。研究工作所用的原始物料是58个矿物—工艺样品。这些样品要构成一个遍及整个矿床的均匀的取样网。取样按三条水平截面进行, 其中的两条与水平坑道的Ⅰ和Ⅲ取样中段一致, 另一条(Ⅱ取样中段)以相等的距离位于前两中段之间。每个样品都要把坑道(Ⅰ和Ⅲ中段)两壁刻槽取样的物料或是同样长度的岩芯(主要是Ⅱ取样中段)包括进去。用于化学—矿物研究的矿物—工艺样品, 要按统一的流程制备: 称取有代表性的称样, 用于矿物(3公斤)和化学(1公斤)分析; 筛分物料并分离出6个粒级, 每个粒级再分离出重粒级(2.9克/厘米³)和轻粒级; 将用于化学和物相分析的称样研磨至0.5毫米以下; 缩分出用于化学、光谱、原子吸收光谱方法定量测定矿石主要组分的称样(50克), 并磨细。重、轻粒级均需进行矿物分析。前者制备成光片用于镜下鉴定。用按标准磨细的矿石矿物—工艺样品(2毫米)测定以下参数: 筛析特点; 重、轻粒级的出量; 化学组成(全锡与酸溶锡、钨、铋、钼、总氟、萤石、硫、砷的含量); 矿物成分。

得出了以单独颗粒形式产出的锡和与其他矿物连生的锡的含量及其粒度成分, 这些都是影响矿石可选性的参数。此项测定工作是在镜下借助于目镜测微器完成的(每个粒级要单独进行)。结果的处理

和参数计算采用格林曼—什瓦诺夫法。矿物—工艺样品的可选性试验按简化的重力选矿流程进行, 以便在同样条件下获得颗粒状的精矿(−0.5; −0.2毫米)和尾砂(−0.08毫米)。

通过上述研究确定, 该矿床的矿石成分比较稳定, 这从工艺角度来看是有利的, 锡集中于锡石中, 黄锡矿的含量甚微。锡石具等轴状, 常呈双锥状, 暗棕至黑色, 铋、铁含量高, 磁性较强。有价值的伴生组分是铋和钨, 它们在矿石中的含量大致相等。铋主要呈氧化物(泡铋矿)和辉铋矿的形式存在, 钨多呈黑钨矿和白钨矿的形式存在。



矿石工艺类型的空间分布图

A—Ⅰ中段; B—Ⅱ中段; C—Ⅲ中段

1—工业矿化范围; 2—矿物—工艺样品采样

点及其影响范围; 3—矿石工业品级界线;

4—Ⅰ级矿石; 5—Ⅱ级矿石