

热液矿床原生晕的分带性及其找矿意义

近年来矿床地质方面的重要成就之一，就是不论什么成因、时代和什么样的地质条件，在所有矿种、所有类型的内生金属矿床周围都普遍地发现了原生晕。除研究最多的热液矿床以外，也查明了基性和超基性岩中的自岩浆矿床、高山和磁山类型夕卡岩矿床、云英岩矿床和稀有金属伟晶岩矿床中特征指示元素组合的内生晕。也获得了关于典型沉积矿床，如铝土矿和磷灰石矿床有晕存在的初步资料。

任何矿床一定有晕存在，这是十分自然的和有规律的现象。地壳中的金属绝大多数是以分散状态存在。这些金属析出、迁移和沉淀的机理是多种多样的，来源、迁移形式和能源更是各不相同，但成矿作用的意义总是相同的，即从分散到集中。这种集中最终形成了规模不等的矿体，并同时伴随形成了含有同一部分金属物质的矿染晕，这部分金属物质在此过程结束之前由于某种原因未能形成一定规模的矿体。本文根据大量实际资料(近100个矿床的系统资料)，讨论了热液矿床、自硫化物矿床或含有主要以杂质形式存在的硫化物矿床。其中包括含铜黄铁矿矿床、黄铁矿矿床、黄铁矿型多金属矿床、夕卡岩型白钨矿矿床、夕卡岩型辉锑矿矿床、夕卡岩型多金属矿床、脉状多金属矿床、层状多金属矿床、含金石英脉矿床、硫化物-锡石矿床、锑-汞矿床、汞矿床和某些其他矿床。因此可以肯定，首先是由矿床本身形成机理所造成的晕的成分和结构的这些规律性，基本上是唯一使晕的分带性既具有理论价值又具有实际价值的规律。

原生晕的成因与矿体是一致的，但其范围很广，超过矿体很多倍，并含有大量的金属，常常超过矿体的储量。晕中与矿体中一样，金属物质产生富集，自然就不能把它们叫做分散晕。因此晕的成分一方面与相应的矿体是类似的，另一方面，又可发现更多的金属，其中部分金属可能是晕的特征指示元素，但研究矿体成分没有引起注意。矿体和四周的晕中，金属赋存的矿物形式通常是相同的。

目前，如果没有内生晕的资料，实际上就不能获得有关成矿过程中化学元素迁移的范围和方向的客观概念，也不能构拟热液系统并揭示其中矿体赋存的因原。矿体之上晕的延伸相当大，可作为埋藏很深的矿体和矿床的十分有效的找矿标志。

原生晕的规模和形态极不相同，这与地质构造环境、矿体的产出条件、规模和形状有关，也与围岩的各种岩石成分、各种围岩蚀变、裂隙构造、岩脉杂岩体的形成条件及其出现范围，以及一系列其它因素有关。晕的范围可能很广泛，沿含矿构造的走向可达几公里，仅在矿体上部沿倾向和厚度才可达一公里。在其它情况下，晕的范围较有限，有时不连续，为带状结构。在有隔挡层的特殊条件下，晕甚至完全与矿体隔开。晕一般是不对称的：在矿体之上部和下部不仅指示元素的成分而且分布范围都是不同的。当然，由于获得实际资料的可能性有限，矿下晕研究得还很不够，在绝大多数情况下，在深部根本未圈出晕来。

强度经常和急剧变化的各种带状晕的结

I — W—Be— n_K —Mo—Co—Ni—As_{an}—Bi—Cu_x—Sn_{cr}—Zn—Pb—Ag—Cu_{6n}—As₆—Sb—Ba—Hg—J
 II ————— Sn_K—Mo—Co — As_{an}—Bi—Cu_x ————— Zn—Pb ——— Cu_{6n} —As₆—Ag—Ba—Hg—J
 III —Co—W—Be—Bi—Sn—Mo————— Cu————— Zn—Pb—Ag————— As—Sb—————

图3 原生晕的分带序列。(按矿液运动方向由尾晕到前缘晕排列)

I.总序列; II.黄铁矿型多金属矿床晕的分带序列; III.卡拉玛扎尔什科林含金石英脉矿床晕的分带序列

在图3中,除总序列外,还举出了单一类型矿床(II为19个黄铁矿型多金属矿床)和个别矿床(III为塔吉克共和国的什科林金矿)分带序列的实例,它们都与总序列有一定程度的偏差。

很明显,上述原生晕的分带性与艾孟斯当年提出的关于矿体的分带性是一致的。而在区域地质上,它与矿床在统一的构造条件中分布的分带性也是一致的。此外,对比苏联各成矿省黄铁矿型矿床的资料后,有理由怀疑地壳和上部地幔剖面中亲铜元素也有类似的垂直分带性。所有这些证明,我们这里涉及到的不是什么局部现象,而是稳定的规律性。

应该强调指出,原生晕的分带性并不是一个金属与另一个金属在沉积地带上的截然更替界限,而当这些元素在矿体周围都有十分广泛的分布时,仅当某一指示元素在一定

范围内分布最广泛和含量最高时,就形成了该元素的晕带。原生晕在所有情况下都是由多种元素组合而成,实际上它的分带性就是在几乎每个元素都参与的情况下,它们的组合不是表现为一种形式,而是几种组合形式的变换上(图4)。仅矿体之上最外缘的晕带或矿体之下的第一个晕带才可能是单元素的。

由于矿体与相应的晕带组分有相似性,所以能够根据矿体之上原生晕中的指示元素很有把握地确定矿体属于哪一种矿化类型。

原生晕分带性的实际意义在于,它可用来正确估计晕带水平及矿体与侵蚀截面的相对位置。这样就不仅能预测有隐伏矿体存在,而且还能预测矿化的深度。根据原生晕可以寻找埋藏很深的热液矿床,这种可能性取决于矿床的形成深度。因此,在寻找深度超过200~300米(到1公里)的矿体时,主要的找矿方法应当是地球化学探矿法,因为在这种条件下,只有地球化学晕能作为直接和间接的找矿标志。

通常晕的分带性(反映矿体之上和矿体之下指示元素的分布)从地质地球化学剖面上就可看得出来(图5)。但是只有对取样结果进行分类和对比才能获得晕的分带性的定量估计参数。目前,通过实践拟定和检验了生产方法和定量估计原生晕垂直分带性的方法。利用了原生晕的垂直分带性,即能以很少的费用在很短时间内预测和发现隐伏的工业矿体。

在研究某种矿床晕的分带性和选择最有效的指示元素时,可利用分带性衬度系数(剖面上部和下部的水平断面上某些元素的含量或互呈反消长关系的两种元素含量比

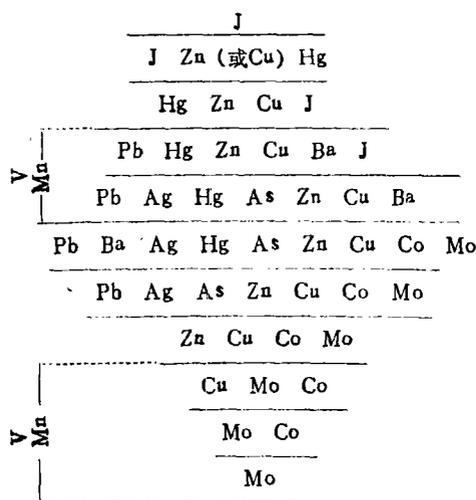


图4 南乌拉尔盖伊含铜黄铁矿型矿床原生晕中指示元素的分带示意图
 侧面表示钒和锰的析出和次生沉积带。

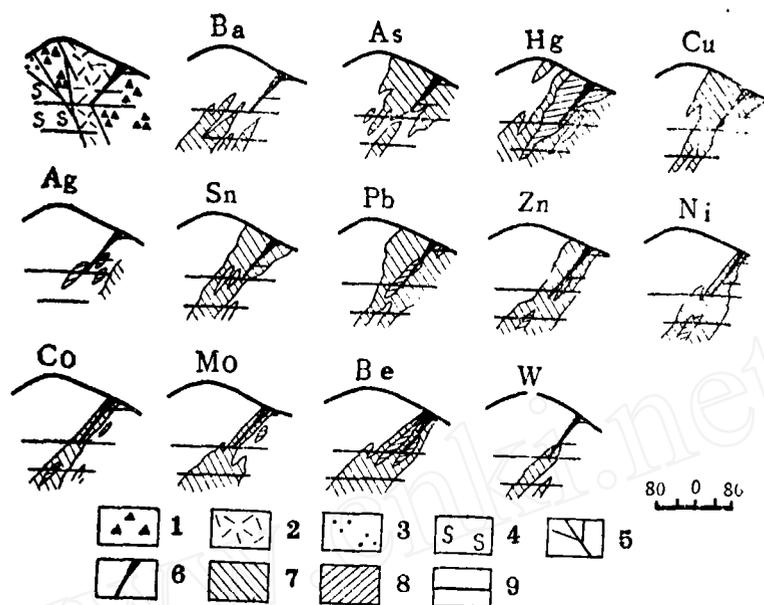


图5 阿塞拜疆阿格亚塔格汞矿床单元素原生晕图

1—构造角砾岩；2—英安岩类；3—滑石菱镁片岩；4—辉长岩类；5—断裂带；
6—矿体；7—原生晕；8—晕中最大浓度范围；9—采样间隔

值)和分带性指数(原生晕剖面上某些元素的含矿性或平均含量与所有的元素的总含矿性或平均含量之比值)。为了扩大获得的弱晕的信息和它的衬度,提高普查隐伏矿体的深度和可靠性,应用了根据晕的分带序列确定出的矿上和矿下指示元素的组合晕指数方法。C.B.格里哥良提出了两种组合晕方式:累加晕,是将每个样品中一组元素的异常含

量连加所求得的晕;累乘晕,是将每个样品中一组元素异常含量连乘所求得的晕。构造晕的这两种方法均能增强弱地球化学异常。组合晕的参数比值不同于单元素晕的元素对的比值;它有很大的稳定性,可大大提高预测和找矿的可靠性。组合晕的衬度很强,这在图6上表示得很明显。

非常重要一点是:尽管地质情况、时代和成因有时极其不同,同类矿床矿上指示元素组合与矿下指示元素组合的比值都随深度的变化而有规律地变化,且规律性相同。这种同类矿床的垂向原生晕剖面的累乘晕比值相互间是接近的(图7),且梯度很大。图7反映了在不同条件下形成的某些铅锌矿床(如库鲁萨伊、坎萨伊、阿克塔什、阿尔金-托普坎、卡尼曼苏尔、加尔宾别尔格等矿床)的累乘晕线性含矿性比值在

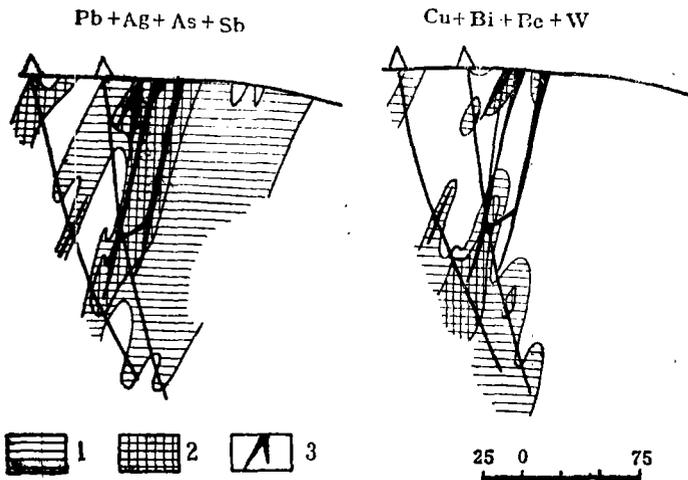


图6 中亚科奇-布拉克金矿的原生累加晕

1—晕的衬度=10~100; 2—>100; 3—矿体

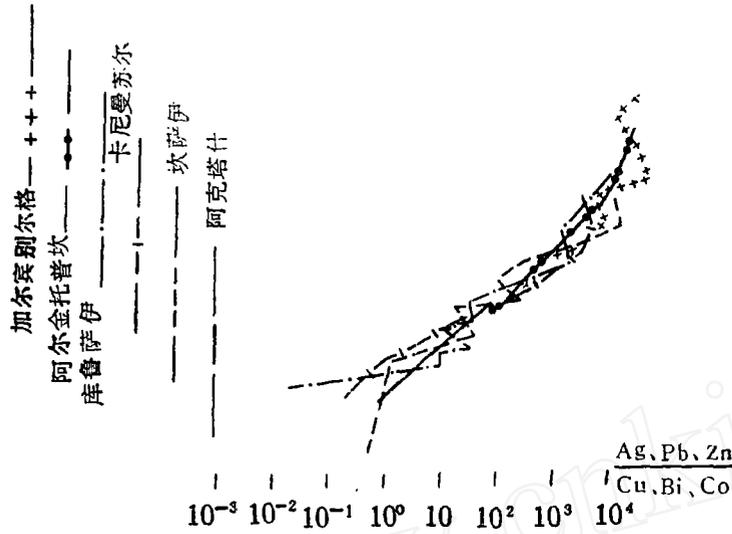


图7 多金属矿床矿上(银、铅、锌)与矿下(铜、铋、钴、)指示元素累乘晕线性含矿性比值在垂向上相互吻合的变化

垂直剖面上的变化。前5个矿床位于中亚，加尔宾别尔格矿床在瑞典。库鲁萨伊、坎萨伊、阿克塔什和阿尔金—托普坎等夕卡岩多金属矿床的矿体产在 D_3-C_1 夕卡岩化灰岩中，而卡尼曼苏尔铅锌矿床则产在上石炭系酸性喷发岩中。从图7中可看出，尽管这些矿床地质条件极不相同，但晕的含矿性比值变化特征很单纯，很相近，清楚地反映出晕的结构垂直分带性，它表现为矿体上部晕中指示元素(铅、银、锌)与较下部晕中指示元素(铜、铋、钴)累乘晕比值随深度而有规律地变化。累乘晕是根据所有已研究的矿体中的标型指示元素构制的。根据统一分带序列可以确定这些元素是属于矿体之上还是属于矿体之下的组合。所有矿床矿体之下累乘晕的比值均不超过100。但在上部该比值都大

于10000，即分带性衬度 >100 。在矿体周围的垂直剖面上这两个指示元素组合的含量相差两个数量级是晕的分带性衬度的最令人信服的证据。其他组分矿床(汞、金)的这种图解也很类似。

对比累加组合晕时，也获得了类似的结果。从图8中可看出，属于卡拉玛扎尔的不同矿床矿体之上指示元素(铅、银、钼)组合与较下部的指示元素(铜、铋、钴)组合累加晕比值也随深度作有规律的直线性变化。克兹尔塔什和奥彼里亚斯无矿蚀变带的图解说明，在这种情况下不存在晕的垂直分带性。

利用原生晕的上述分带性发现矿体的某些实例如下：

1. 在克拉斯诺格瓦尔捷伊含铜黄铁矿矿床(中乌拉尔)进行方法试验工作时，查明北透镜体下部铅、锌和铜晕已经消失，但钼、钴晕分布极广泛，证实了深部已知矿体的尖灭。除此之外，在页岩东接触带160线剖

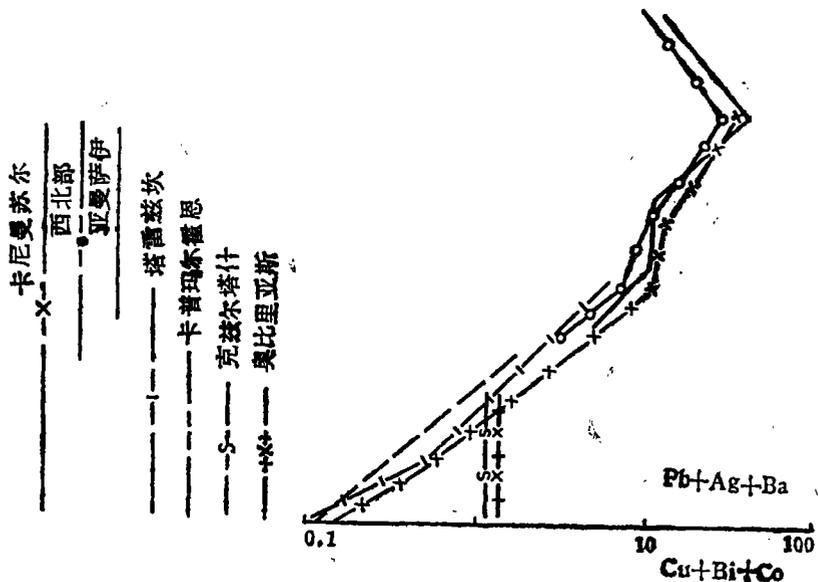


图8 中亚多金属矿床和分散浸染矿带矿体之上(铅、银、钼)与矿下(铜、铋、钴)指示元素累加晕线性含矿性比值在垂向上相互吻合的变化

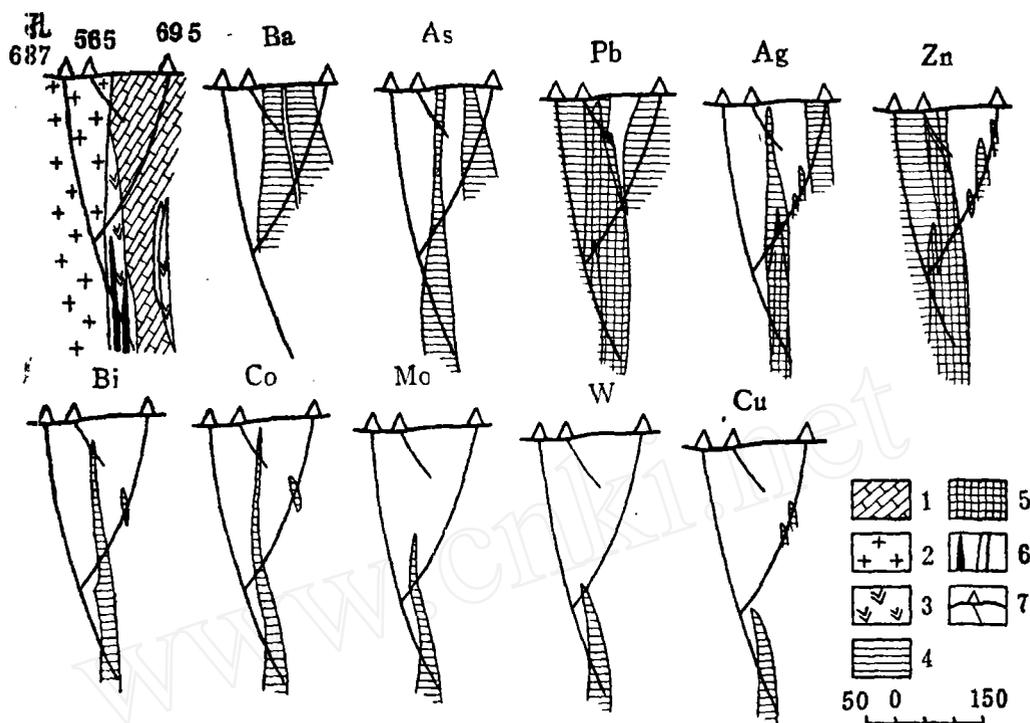


图9 塔吉克库鲁萨伊夕卡岩多金属矿床普罗美茹托契地段隐伏矿体的原生晕
1—白云岩化灰岩；2—闪长岩；3—安山英安玢岩；4—原生晕；5—晕中最大浓度范围；6—矿体；7—钻孔

面上，根据3000号孔矿体尖灭下部150米处发现了指示元素（铜、锌、铅、钡、银、钼、钴）晕的广泛分布，而且晕的范围和强度都比已知矿体周围为大，表明有矿体存在。根据晕的参数随深度的增大而增大，Э. Н. 巴拉诺夫曾预测深部600米以下有工业矿体存在。为了验证这种预测的结果，建议打两个深度为900至1250米的钻孔。目前在这里已发现了矿体。

2. 库鲁萨伊矿田（塔吉克共和国）大理岩化灰岩与安山英安玢岩陡倾接触带上，深部300米处的夕卡岩中为已知的铅锌盲矿体（图9）。在矿体之上进行地球化学取样结果，发现了很强的钡、砷、铅、银、锌晕，它在垂向上的延伸达300米以上。同时在稍稍远离灰岩接触带的地方发现了第二个钡、砷、铅、银含量异常，它与已知矿体之上的晕很相似。695号孔岩心样品表明，随着深度的增大，该异常的范围和强度也增大。据推测，这是矿体引起的，它的埋深大

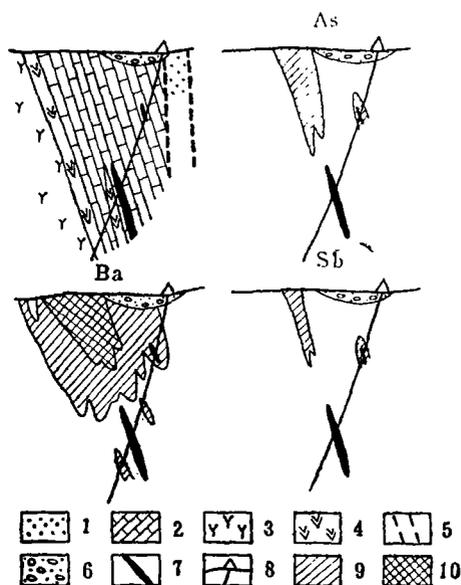


图10 西卡拉玛扎尔罗德尼科夫地区的原生晕
1—砂岩；2—灰岩；3—闪长岩；4—夕卡岩；5—断裂构造；6—第四纪沉积物；7—盲矿体；8—钻孔；9~10—原生晕（10是大于背景值10倍的最大浓度范围）
约与已知矿体相同。该异常的特点是铅的含量较高。后来的勘探完全证实了这一点；在

300至450米的深度上发现了铅品位很高的工业矿体。

3.在罗德尼科夫地区(西卡拉玛扎尔)对地表基岩进行地球化学取样后,发现了很强的钼、砷、锑和其它一些元素的异常(图10)。异常中典型的矿下晕指示元素(钼、钨等)没有出现。晕的含矿性及其比值证实,深部肯定有工业矿体存在。打钻验证结果,在不同深度上发现了具有工业意义的多金属盲矿体。图10上画出了在200多米的深度上发现的矿体之一。图10同时也表明了晕的结构具有明显的垂直分带性;钼、砷和锑晕仅发育在矿体之上。

4.在某含铜黄铁矿矿床的矿田中(中乌拉尔)进行的地球化学探矿工作(基岩取样)结果发现了铅、银和锌异常(图11)。该异常元素组合比已知矿体周围的晕要少,异常中没有钼和铜,但根据已有经验(尤其因该异常是发育在矿体之上渗透性很差的硅

质页岩中)很有希望发现隐伏矿体。在塔尔干山矿山附近验证最大的异常时,第一个钻孔在页岩之下200米的深度上就发现了厚度约1.5米的含铜黄铁矿矿体。第二个孔发现了一个更大的矿体,厚度达30米以上。

5.加尔宾别尔格夕卡岩多金属矿床位于瑞典中部。C.B.格里哥良1967年在那里取了样。前寒武系花岗岩侵入在断层复杂的含有碳酸盐岩石夹层的长英变质岩地层处形成了镁质夕卡岩。矿体产在夕卡岩-白云岩带中或石英岩中。主要夕卡岩矿物是后成的透闪石和滑石。金属矿物有:方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿、自然银等;非金属矿物有石英、方解石和萤石。在近地表处矿体已强烈氧化。加尔宾别尔格矿床的原生晕是通过对比坑下的9个中段和两个较深的倾斜钻孔岩心样品研究得来的(图12)。结果圈出了很明显的常见元素的原生晕,它向着矿体上端延伸。最广泛的是

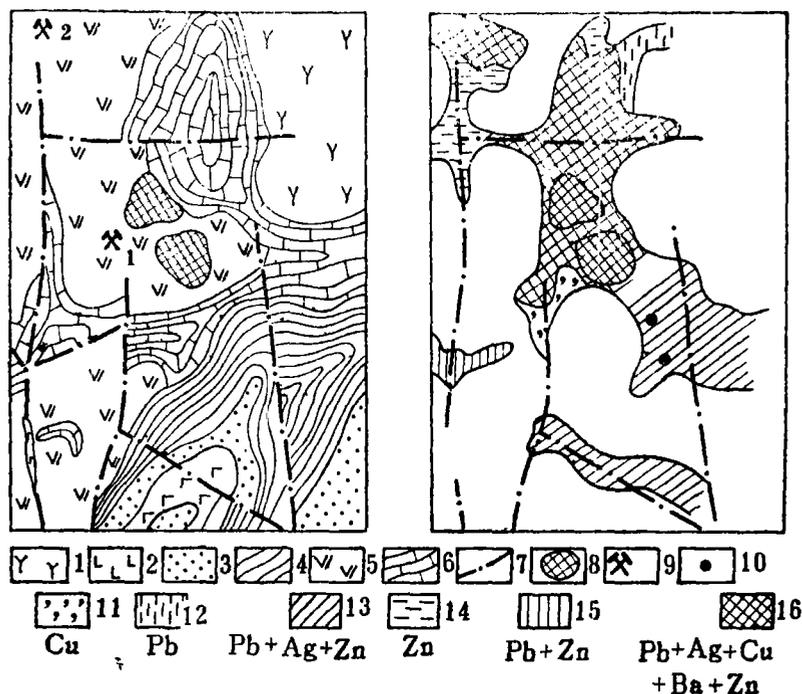


图11 某矿田地质构造和原生晕略图

1—流纹英安斑岩和英安玢岩; 2—辉长辉绿岩; 3—基性和成分复杂的凝灰岩; 4—硅质页岩; 5—安山玢岩; 6—灰岩; 7—断裂构造; 8—侵蚀出露的矿体; 9—含铜黄铁矿矿床(1.某已知矿床, 2.新发现的矿床); 10—揭露矿体的普查钻; 11~16—分散晕

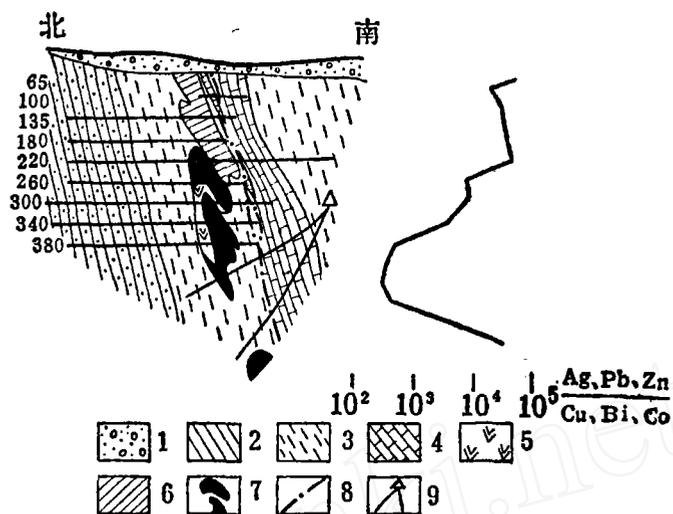


图12 瑞典加尔宾别尔格夕卡岩多金属矿床地质剖面及累乘晕比值

1—浮土；2—长英变粒岩；3—石英岩；4—石灰岩；5—夕卡岩；6—氧化矿体；7—未氧化矿体；8—断裂构造；9—取样坑道和钻孔

银、铅、锌、铜和镉的原生晕。

根据元素分布可分辨出明显的垂直分带性，特别是：铋晕仅发育在近地表处，而钨、钴、镍、钼则发育在矿体的下部。分带序列如下（从下到上）：钨—（钴、钼、镍）—铋—锡—铜—锌—镉—铅—银—铋。尽管矿化条件极其不同，但加尔宾别尔格矿床原生晕的发育特点实际上与中亚的夕卡岩多金属矿床完全相似。

在研究指示元素的分布特点时，尽管矿体已完全尖灭，但在随着深度的增大而明显变窄以后又有银、铅和锌晕出现时，要特别注意。在这种情况下圈出了两个异常带：北异常带（在矿体延长方向上）和南异常带（在灰岩与石英岩接触带上）。在深部出现

了新的矿上晕，指示元素累乘晕比值很急剧地转向了相反的方向（图12）。从这些资料中可以得出以下结论：在出现异常处的深部有新的矿体。布利坦矿山公司进行了坑探后，在矿床北部发现了一个大的盲矿体。

利用原生晕的分带性发现隐伏矿体和矿床的实例很多，目前已有几十个。但在此没有什么必要再列举了。现在的问题是还不是找出晕的分带性的证据，而是更广泛地运用这种有效的普查方法。

初绍华译自《Геология и разведка》，
1973, №.10, стр. 76~88

作者：Л.Н.奥夫钦尼科夫、С.В.
格里哥良、Э.Н.巴拉诺夫

