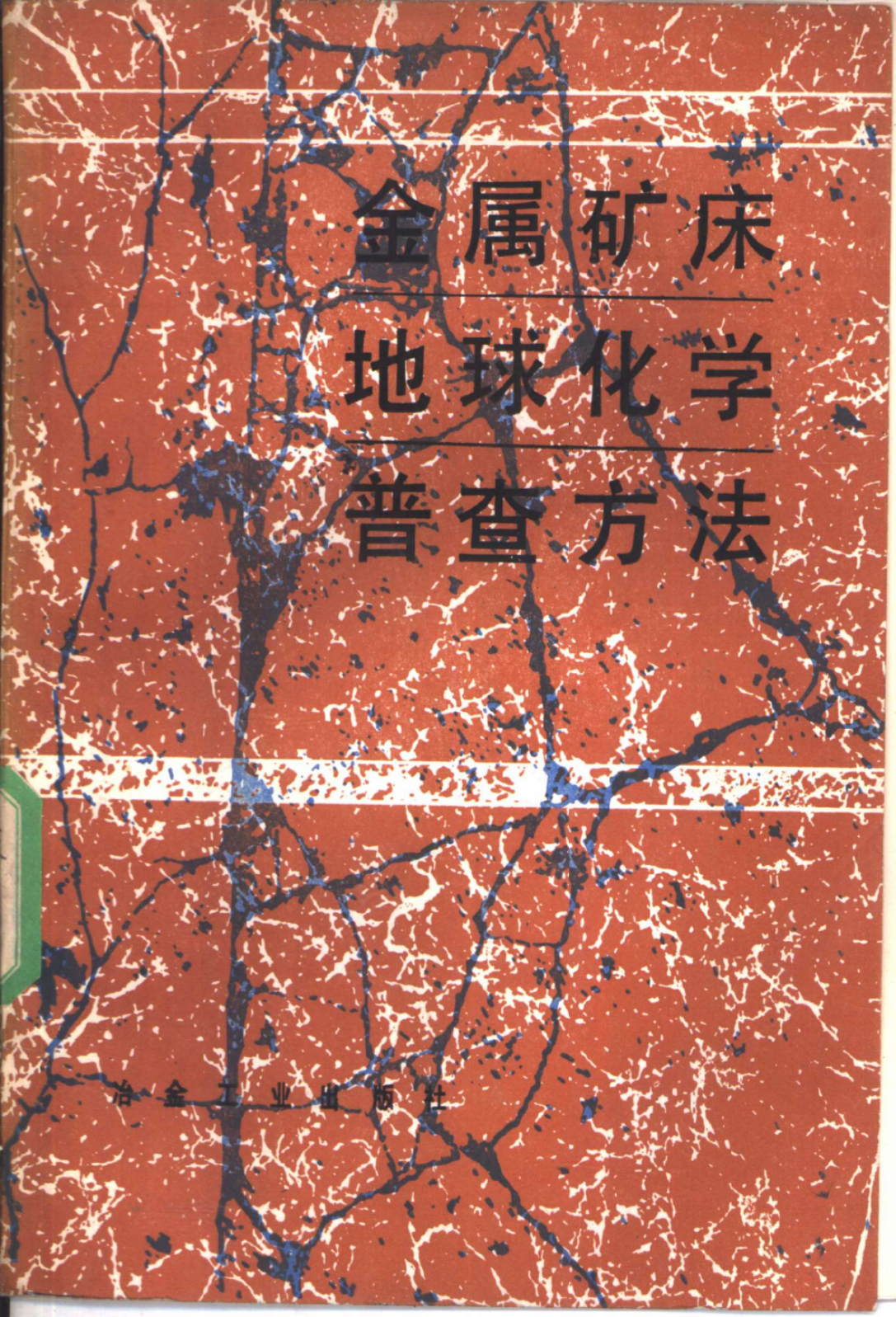


The book cover features a marbled pattern with a base of reddish-brown and veins of dark blue and black. The title is printed in large, bold, black Chinese characters, centered on the cover.

金属矿床 地球化学 普查方法

冶金工业出版社

ISBN 7-5024-0348-5

TD·61 定价 **3.05** 元

科技新书目 162-218

2037 000

金属矿床地球化学普查方法

B. Л. 巴尔苏科夫

[苏] С. В. 格里戈良著

Л. Н. 奥夫钦尼科夫

吴传璧 邱郁文 译

林镇泰 校

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书是根据苏联科学(НАУКА)出版社1981年出版的《Геохимические методы поисков месторождений》一书翻译的。

本书反映了近几年来苏联化探工作的最新研究成果。书中以大量矿床实例具体地阐明了化探研究方法和基本规律。书中侧重隐伏矿的普查,以较大的篇幅介绍了各种类型矿床原生晕的特征,异常解释方法和找矿效果。在利用原生晕资料解决矿床地质问题方面也进行了探索和总结。对于各种次生地球化学异常的特征、工作方法和研究方向也作了扼要而具体的介绍。本书论述具体,重点突出,图文并茂,便于应用。

金属矿床地球化学普查方法

B. Л. 巴尔苏科夫

[苏] С. В. 格里戈良 著

Л. Н. 奥夫钦尼科夫

吴传璧 邱郁文 译

林镇泰 校

责任编辑 姚参林

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街莱佛士北巷10号)

新华书店北京发行所发行

河北省曲阳县印刷厂排版

河北省阜城县印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 10³/₈ 字数274千字

1988年5月第一版 1988年5月第一次印刷

印数00,001~2,400册

ISBN 7-5024-0348-5

TD·b1 定价 3.05 元

译者的话

这本专著是苏联科学出版社1975年出版的《Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых》一书的续篇。它比较全面地介绍了近些年来苏联化探工作的研究成果，代表了苏联化探工作的先进水平。

本书的作者有一个明确的指导思想，就是从寻找隐伏矿的目标出发，研究和介绍新的化探方法。原生晕地球化探普查方法是本书的主要研究课题。作者在这一方面的科学成就已被苏联科学院作为科学发现肯定下来。关于次生异常的研究，包括次生晕、分散流、水化学、生物地球化学和气体化学找矿方法的研究，作者也是从隐伏矿找矿出发，概括性地介绍了苏联其他学者的研究成果。

本书对原生晕的阐述主要偏重于基本规律的总结和异常解释方法，引用了大量矿床实例说明作者的主要结论。特别在异常解释方面，具体阐明了矿化成分和类型的判断，矿体产状和倾伏方向的确定，侵蚀截面水平的估计，分散矿化带的剔除等对隐伏矿普查具有关键意义的方法。尤其值得指出的是，作者专辟一章论述了如何利用化探原生晕的资料解决诸如矿床成因、成矿时代、矿液流动通道等矿床地质问题，着重说明化探工作在这些方面有巨大潜力，指出了化探工作的一个重要研究方向。对于原生晕资料的处理方法，本书未作详细说明，因为这是他们1975年专著的主要内容。读者欲知这方面的详细情况，可参阅地质矿产部情报研究所编译的《化探资料选编》（二）和《苏联固体矿产化探规范》。

次生地球化学异常虽不是本书的重点，但在本书中却扼要指明了这些领域的主要研究成果和方向。例如，次生晕与原生晕对应关系的研究和对应系数的确定，上置晕的研究和部分提取方

法、汞气和其他气体测量方法，以及水化学法和生物地球化学法的主要进展，并援引具体实例加以说明。

应该强调的是，本书的内容不仅对化探人员是不可少的，对于广大地质人员，特别是从事矿产普查勘探工作的人员，也是非常有用的。我们把此书奉献给读者，相信对我国化探工作和地质普查勘探工作水平的提高会有较大的推动作用。

本书的出版得到了谢学锦、欧阳宗圻、刘泉清同志的支持和指导，特在此致以谢意。

本书的序、绪论、第一章、第三章和第五章由吴传璧翻译，第二章、第四章由邱郁文翻译，林镇泰对全书作了校对。吴传璧进行了最后的审编。

1985.3.

序

在一整套矿产地质勘探工作中，地球化学方法已牢固地占有一席之地，并且正成功地用于不同类型矿床的普查和勘探。目前，地球化学方法正处于蓬勃发展之中：不断完善其科学基础和方法基础，产生新的地球化学方法，重新研究现行方法的可能性和扩大其实际应用范围。金属矿床地球化学普查理论和实践的最重要成就，无疑是大大增加了地球化学普查的探测深度，从而使地球化学方法在多种多样类型的深部隐伏矿普查中擢升到主导地位。

近些年来，在原生地球化学晕（盲矿的有效标志）研究和实际应用方面所取得的成就，是加大地球化学普查探测深度的最重要前提。如所周知，矿床地球化学普查的方法基础，是利用各种类型的地球化学异常作为矿化的指示标志。在这些异常中，原生晕占有特殊的地位：它离矿体最近，实际上也是其余类型地球化学晕的原生源，特别是多种类型表生晕的原生源。正因为如此，任何一种表生晕的评价任务，归根结底是要尽可能可靠地确定原生晕（该表生异常的原生源）的形态，因为从异常过渡到矿体（矿床）必然要经过原生晕。这就意味着，原生晕是解释并进而评价任何地球化学异常的基础。对原生晕作全面的研究之所以特别重要，也是因为迫切需要研究制定解释地球化学异常的有效准则。大家知道，矿床地球化学普查的实质，在于发现和解释异常。现代的方法手段可以非常令人满意地解决异常的发现问题，而解释地球化学异常的方法则更为复杂，且研究得也较差。这种情况大大降低了地球化学普查的效果：作为其直接后果，可以指出，在不同成矿区查明了为数众多而远景不明的地球化学异常。不言而喻，只要对已查明的地球化学异常的含矿远景作出可靠评价，就能保证矿物原料储量有一个可观的增长。

对地球化学异常解释和评价方法的现状所作的分析表明，最

复杂的课题是对发育在含矿基岩中的矿化带的深部含矿远景作出评价。正如已经指出过的那样，利用地球化学方法发现这些矿化带并不特别困难。在各种各样景观地球化学条件下进行的地球化学普查经验表明，将所谓非矿异常划为远景异常的危险性显然被夸大了。由化学元素在表生迁移过程中于各种地球化学阵上聚积而造成的非矿异常，即岩石异常，以及某些其他类型的异常，是不难鉴别的，亦不应列入进一步详细工作的对象。由此我们得出一个结论，只有研究和在普查工作实践中推广更可靠的准则，用于对地球化学取样所查明的基岩矿化带作深部远景评价，才可能进一步提高地球化学普查的效果。显然，也只有详细地研究指示元素在容矿基岩中的分布特征，即原生晕的地球化学特征，才可能成功地解决这一问题。鉴于以上所述，本书将主要注意力放在研究成分和生成条件不同的各种矿床的原生地球化学晕的成分及结构特征上。

作为矿床的一个不可分割的组成部分，原生晕通过自己的特征反映着该矿床（或一定成因的一组矿床）特有的成矿聚集条件，它不仅能用于普查找矿，而且还可以获得有关矿床成因的补充信息。这一在文献中尚未充分论述的新问题，本书将专辟一章来讨论。

本书的第一、二两章由С.В.格里戈良编写，第三章由В.П.巴尔苏科夫和С.В.格里戈良编写，第五章由С.В.格里戈良和П.Н.奥夫钦尼科夫编写，第四章由各作者共同写成。作者对А.П.沃洛索夫、П.Н.茹科娃、Г.И.扎哈雷切娃和В.И.莫罗佐夫在准备本书手稿时给予的帮助表示感谢。

目 录

绪论	(1)
第一章 矿床的原生地球化学晕	(4)
研究方法	(4)
岩浆矿床	(5)
伟晶岩矿床	(11)
矽卡岩矿床	(22)
钠长石-云英岩矿床	(31)
深成热液矿床	(37)
黄铁矿型矿床	(44)
第二章 矿化指示元素的次生地球化学分散晕	(70)
岩石化学晕	(70)
气体晕	(98)
生物地球化学晕	(112)
金属矿床的水化学晕	(126)
第三章 地球化学异常的解释准则和方法	(137)
估计地球化学异常的侵蚀截面水平	(137)
分散矿化带的鉴别	(192)
辨认多建造异常	(210)
估计矿化规模	(221)
第四章 地球化学方法在普查工作中的应用条件	(246)
第五章 地球化学异常的特征是矿化成因的指示标志	(271)
原生晕的形成机制和规律	(271)
根据地球化学资料解释矿化聚集条件	(299)
参考文献	(317)

绪 论

金属矿床的地球化学普查方法，在苏联首先进行研究和用于实践是在三十年代。在这些方法的创造及其实际应用方面，苏联居于科学领先地位，这在国外亦被承认。例如，应用地球化学领域内最著名的国外学者H. E. 霍克斯和J. S. 韦布，在他们著名的已译成许多种文字的专著《矿产勘查的地球化学》的俄文版序言中指出：“费尔斯曼、戈尔德施密特和维尔纳茨基的早期理论研究，为矿物原料的地球化学普查方法奠定了基础。苏联地质学家远在30多年以前，即在第二次世界大战发生之前的几年内，就首先研究和采用了这种方法。从事这些早期工作的苏联作者的论文是首批文献资料，在此基础上，美国地质调查所于1947年，伦敦皇家矿业学院矿业-地质学部也于1947年，在地球化学普查领域内进行了首次研究。”应用地球化学方法普查和勘探金属矿床的成就，决定于对下列主要方面进行科学理论的研究：

——研究指示元素的次生地球化学分散晕，以期制定划分远景地段的方法（小比例尺普查），以及在其范围内寻找通常出露于侵蚀面的矿体和矿床的方法（大比例尺的指示元素次生岩石化学分散晕普查）；

——研究原生地球化学晕，以便拟定寻找盲矿及弱侵蚀矿体和矿床的方法；

——研究指示元素的上置后生分散晕，以期制定寻找埋藏矿体和矿床的方法；

——从地球化学异常的参数出发，研制确定矿化规模的方法。

这些方面的工作可按用地球化学方法解决日益复杂的普查工作的不同阶段的先后顺序划分。目前，在地质勘探过程的所有阶段，都成功地使用着地球化学方法。从1935年起，由于金属矿床岩石化学普查方法的创始人H. И. 萨夫罗诺夫及其众多追随者的研究，创立了多种有科学依据的地球化学普查方法，它们正在固体

矿产的地质勘探工作过程中广泛使用。应该特别提出的是，А. П. 索洛夫夫、Е. А. 谢尔盖耶夫和С. Д. 米勒在研究和在实践中推广地球化学普查方法方面的巨大贡献。

地球化学方法在地质勘探工作实践中的广泛应用，导致了苏联不同成矿区100多个矿床的发现：多金属矿床有乌宗扎尔、沙尔基亚、库扎雷、别斯丘别、扎依列姆、乌什卡登；铜矿床有库斯姆仑、阿万加尔德（哈萨克加盟共和国）；阿尔谢尼耶夫锡矿床（滨海区）和许多其他矿床。由于用地球化学方法更准确地确定了勘探工作方向，尤其是借助于地球化学方法证实一些勘探对象是无远景的，避免在其上花费过多投资，从而大大节约了资金。仅仅在鲁德内卡腊马扎尔地区（中亚），就根据地球化学工作结果及时制止了对100多个地段投入昂贵的勘探工作。

金属矿床的地球化学普查方法正在持续不断地发展和完善。由于应用地球化学的迅猛发展，迫切需要对地球化学普查的科学和方法基础的研究现状加以总结。现今时期的特点是，正在加强研究并在实践中推广寻找深部矿体和矿床的地球化学方法，它既针对盲矿床，也针对年轻沉积盖层之下的埋藏矿床。

鉴于深部矿体和矿床地球化学普查方法科学基础的研究是一个极其紧迫而又特别复杂的课题，在本书中作者将把主要精力放在阐述原生地球化学晕这一深部矿的有效标志的发育特征上。各类不同型式的次生晕，在本书中是作为原生晕的外生派生产物来研究的。因此，本书十分注意原生晕和次生晕的关系问题，由于依靠对原生晕特征的查明，可以提高次生晕评价的可靠性，所以这个问题具有重要的实践意义。

同时应该指出М. А. 格拉佐夫斯卡娅、А. Н. 叶列梅耶夫、Е. М. 克维亚特科夫斯基、А. И. 佩雷尔曼、В. В. 波利卡尔波奇金、Н. Н. 索切瓦诺夫、Ю. В. 沙尔科夫、В. З. 富尔索夫等人的著作，它们对于地球化学普查理论和实践领域内研究工作的顺利发展，都具有重要意义。近些年来，国外对苏联研究出来的金属矿床原生晕普查方法表现出很大兴趣。上面提到的地球化学普查理

论和实践领域的著名美国学者H.E.霍克斯，在评论1977年于美国出版的A.A.别乌斯和C.B.格里戈良的著作《固体矿床的地球化学普查方法》时特别指出，原生晕的地球化学分带性对于外国专家来说是最重要的新知，利用它可以导致许多新的发现⁹⁹。

本书作者通过研究确认，在地球化学普查中进行的大规模取样和地球化学样品的分析结果，不仅具有普查意义（寻找矿体），而且具有一定的成因意义。地球化学异常，而首先是原生晕，作为矿床的一个组成部分，具有由该类型矿化的成因特征所决定的一定的特点。对此问题，本书单辟一章进行研究。

第一章 矿床的原生地球化学晕

所有矿床都伴生有原生地球化学异常，它是容矿岩石中该类型矿化所特有的化学元素含量异常（与背景相比偏高或偏低）的地段。就方法的角度论，最好把所有矿生（由成矿作用造成的）异常分成两类。第一类异常是在矿体（富集的具工业意义的矿化）周围发育的化学元素原生地球化学晕；第二类地球化学异常是不含富集矿化的分散矿化带。如果说在区域性（小比例尺）普查工作阶段所有矿生异常，其中也包括分散矿化带，都是矿床的标志的话，那么在局部普查阶段，只有工业矿化的原生晕才可能是工业矿化的可靠标志。在详细工作阶段，表现为分散矿化带的地球化学异常，其普查意义大大降低，变得一文不值。分散矿化带在矿田和矿床范围内有着广泛的分布，在详细工作阶段，它们对于地球化学工作的顺利进行是一种严重的干扰。因此，除原生晕外，下面还将研究分散矿化带发育的地球化学特征，以及鉴别这两类地球化学异常的地球化学准则。

研究方法

化学元素的原生地球化学晕，是由于成矿过程中的元素带入或再分布（带出），使该元素发生了富集或贫化的近矿空间。如所周知，在矿体周围通常可发现许多元素的浓度异常于背景。针对这种情况，使用原生晕（первичные ореолы）这一术语要更确切一些，它表示出了所有元素或一组元素晕的总和。

正如已指出过的那样，在矿体和矿床周围既可形成化学元素的带入晕，又可形成带出晕。目前，化学元素的带入晕研究得稍详细一些。与带出晕相比，它们通常具有较大的规模，因而从普查的角度说更重要一些。带入晕之所以有很大实际意义，还因

为它们是与对矿体有标型意义的成矿元素同时形成的，因而是矿体最直接的指示标志；但元素的带出既可以在成矿阶段本身发生，也可以在成矿前或成矿后的围岩改造过程中发生。现在还没有确定化学元素带出晕与矿体关系的可靠准则，这自然就限制了它的实际应用范围。此外，对带出晕研究得极差，因此目前不能确定它们在哪些具体方面可以实际应用。化学元素带出晕的研究程度之所以很差，其主要原因之一是，地球化学普查中应用最广的快速分析方法的灵敏度，对许多元素来说不能满足带出晕研究的要求。在研究带出晕时，某个元素的分析检出限，应当比其背景含量低一个数量级以上。大家知道，与带出晕不同，即使所研究元素的检出限等于它的最低异常含量，带出晕也可以令人满意地被圈出来。鉴于以上情况，下面将主要讨论带出晕的结构特征和实际应用问题。为叙述方便起见，以后我们用到“原生晕”这一术语时，指的就是带出晕。

如所周知，在地球化学普查中，地球化学样品的快速发射光谱分析是基本的分析方法。这种方法的灵敏度，就地球化学目的而言是足够的，也是一种高效率的方法，这首先因为它可以同时测定拟分析样品中的许多（40多种）化学元素。因此，下面在阐述原生地球化学晕的成分和结构特征时，将特别注意那些用快速光谱分析即可满意地测定其含量的元素。

岩 浆 矿 床

铜-镍矿床

我们以科拉半岛的贝辰加矿床和诺利尔斯克地区的矿床为例，来探讨铜-镍矿化原生地球化学晕的特征。

贝辰加矿床 在贝辰加矿带含矿侵入体和矿体的围岩中，查明有镍、铜、钴、铬、银、铅、锌、钡、锡、钼、钛、钒、硼、锰和一系列其他元素的异常浓度。围岩中的化学元素偏高含量带

具有线状特征，它们在矿体和含矿侵入体上方，或者平行于它们的接触面，呈一系列条带沿着控矿带抬升的方向展布。作为一个例子，我们来描述塞米列特卡矿床一个结构复杂的含矿带的地球化学特征。该矿带产状平缓，已被最深达627米的一系列钻孔揭露（图1）。在含矿带范围内，发育有四个相当大的含铜-镍矿化的侵入体。所有侵入体皆呈透镜状，沿含矿带的倾斜方向延展。最大的一个侵入体（Ⅲ）厚达180米，沿含矿带倾斜方向可追索1000米以上。侵入体由三种岩石组成：上部分异体是辉长岩，中部是辉岩，下部是橄榄岩。橄榄岩的特征是镍和铜的含量相对偏高，在其中追索到一个铜和镍矿物矿染较富的带，其主要成矿组分的平均含量达到了工业品位。在这个大型侵入体的上方，在距离侵入体不远的地方，分布着另一个透镜状侵入体（Ⅱ），它是已强烈蛇纹石化并富含细脉浸染状矿化的超基性岩。在侵蚀面上的含矿带露头附近，还产有一些同一类型的矿化侵入体（Ⅰ）。在含矿带内还查明有块状矿石和角砾状矿石的矿体，就所描述的剖面看，其厚度和延伸长度都比较小。除了这些含矿侵入体外，1086和1127号钻孔还揭露出两个含块状铜-镍矿化的小矿体。其中一个产在千枚岩中，另一个产在橄榄岩中。在容矿带内，存在有一组空间上接近而类型和规模不同的矿体，这给研究每个矿体的原生晕特征造成很大困难。因此主要研究了矿体群附近形成的元素异常浓度场。

正如从图1看到的，镍（主要成矿元素）的异常浓度呈近于平行的、往往彼此邻近的线状延伸带发育。这些带的厚度从几米到30~40米。可以看到，带的数目在容矿带上部，在接近其侵蚀面上的露头附近增多。异常浓度带在侵入体的下盘、上盘和远离矿体及含矿带的地方皆有分布。在所研究的剖面上，于容矿带范围以外，也查明了几个镍的异常浓度带。它们通常产在断裂和构造薄弱带中，在这些地方有时产有厚度和延伸长度均不大的基性或超基性岩侵入体。银的异常浓度带环绕在含矿地质体的周围，呈一些厚度不大、彼此挨近的带分布于其上。在容矿带上部，可见

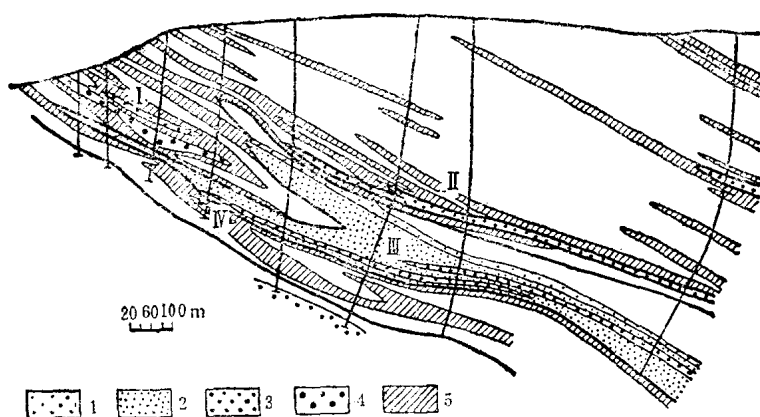


图1 镍的原生地球化学晕(5)及超基性侵入体中镍的分布(1~4), (%)

1—0.03~0.1; 2—0.1~0.3; 3—0.3~1; 4—大于1; 5—0.0029~0.07

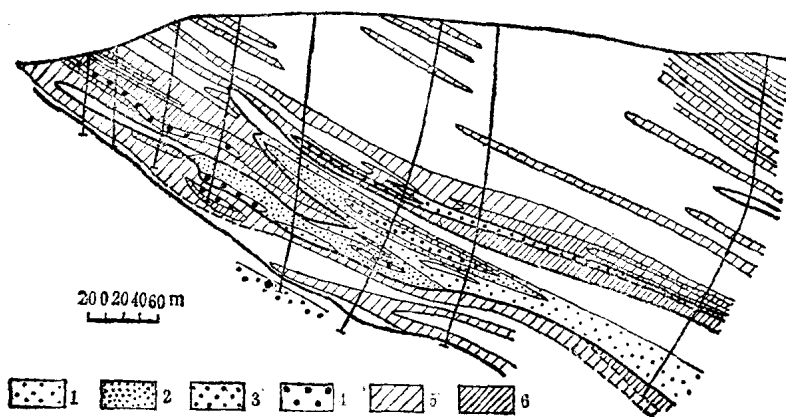


图2 银的原生地球化学晕(5~6)及超基性侵入体中银的分布(1~4), (%)

1—0.000005~0.0001; 2—0.00001~0.00003;
3—0.00003~0.00003; 4—0.0003~0.0015; 5
—0.000005~0.000001; 6—0.00001~0.00002

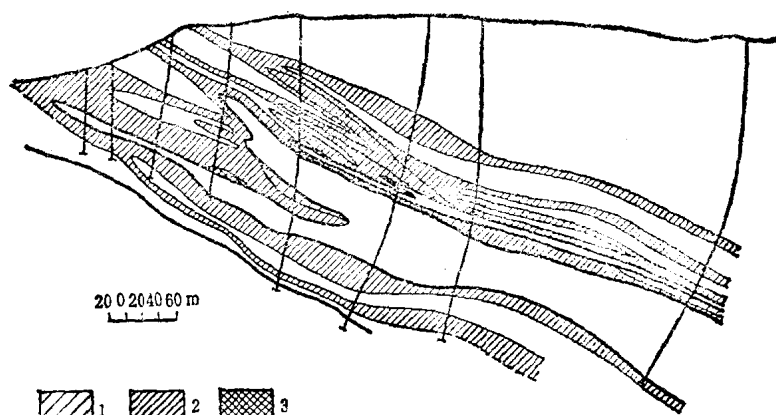


图3 累乘指数 ($\text{Ag} \cdot \text{Pb} \cdot \text{Ba} \cdot \text{Zn} / \text{Ni} \cdot \text{Co} \cdot \text{Cu} \cdot \text{Cr}$) 值沿55号剖面的变化

千枚岩: 1— $0.3 \cdot 10^{-3}$; 2— $0.3 \cdot 10^{-3} \sim 0.1 \cdot 10$; 3— $0.1 \cdot$

10; 辉绿岩: 1— $0.2 \cdot 10^{-3}$; 2— $0.2 \cdot 10^{-3} \sim 0.2$; 3— 0.2

到这种带的数目增多(图2)。在异常带范围内, 银的含量朝着含矿带抬升的方向增大。其他元素(铜、铅、钴、锌、铬、钛、钒)的异常浓度同样形成线状延伸的带。在容矿带范围内, 它们表现为延伸长度和厚度均不大的带, 有些地方具有透镜状形态。据此可以确认, 元素的异常带之所以主要呈线状, 是由于它们产在层间断裂中而造成的。断裂对地球化学异常构造的一定影响, 还被广泛发育有几个方向断裂的科特塞里瓦尔露天采场的详细地质-地球化学填图结果所证实。业已查明, 在矿层附近的几乎所有断裂带中, 都确定有成矿元素的偏高浓度。因此, 由于构造环境的关系, 异常的轮廓形态是十分复杂的, 因为前者决定着不同方向断裂的结合。

分析指示元素的空间分布表明, 围岩中一系列化学元素的偏高浓度场, 与这些元素含量很高的含矿侵入体或矿体有着密切的联系。同时, 元素的含量随着远离侵入体而减少。属于这类元素的