

高等学校试用教材

地球化学找矿

成都地质学院 陶正章 主编

地质出版社

高等学校试用教材

地球化学找矿

成都地质学院 陶正章 主编

地质出版社

本书简介

本书是在各兄弟院校历年教学与科研基础上,结合我国情况,参阅大量经过订正的国内外最新文献写成的。系统阐述了基本概念、研究方法和实际应用问题,内容比较新颖丰富。全书共十章十九万字、图一百零九幅、表四十八张,为方便实际工作又在附录中加了七个表。本书力求专业术语概念明确,结合实践安排体系,结合科学发展介绍了新方法新技术。可供各地质院校物探和有关专业作教材,其它专业的参考书,也可供从事地质找矿的生产科研人员参考。

地球化学找矿

成都地质学院 陶正章 主编

责任编辑:吴锡生

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 12 字数: 278,000

1981年7月北京第一版·1981年7月北京第一次印刷

印数1—9,420册·定价1.80元

统一书号: 15038·教124

前 言

本书为高等地质院校金属非金属物探与放射性物探专业的地球化学找矿教材，亦可作为其它地质专业的参考书。本书力求定义明确，概念清晰，结合我国的实际安排了书的体系，结合科学的发展，对新技术新方法作了必要的介绍。

本书由陶正章、吴香尧、张惠堂、王崇云、马超洁、梁书艺等六位同志执笔，并由陶正章同志任主编。

一九七九年十月，长春地院吴锡生同志、中南矿院邓衍蕃同志、武汉地院胡达力同志、西安地院孙继东同志、合肥工大李群同志、抚州地院关庆忠同志、河北地院彭桂仙同志等对初稿进行了认真的审查，提出了宝贵的意见。据此进行了修改。李朝庆同志作了一些具体整理工作，院图书馆对图书资料提供种种方便，绘图室清绘了书中的插图。

一九八〇年四月，又请吴锡生同志审查。五月在全国勘查地球化学第一届学术讨论会期间，再次让邓衍蕃、孙继东等同志提意见。根据意见和会议提供的论文资料又作了修改。最后，由陶正章同志对全书作了统一的修改和编纂而定稿。定稿后，吴锡生同志进行了细致认真的审定。

书后的附录是为实际工作中使用方便而编排的。书末所列之参考文献，凡外文中译不妥者均以原文为主，故将原文同时列出，以备读者查对。对全国勘查地球化学第一届学术讨论会上的文章，仅列出了“论文摘要汇编”一书作为概括，未将其中的引用文章一一列出，这是要请文章的作者或执笔的同志谅解的。

我们对参加本书审查、审定工作的兄弟院校和同志们表示衷心的感谢！

由于写的时间仓促，书中缺点错误不妥之处在所难免，恳望读者批评指正，以便以后修改。

一九八〇年十二月

目 录

第一章 导 论	1
第一节 基本概念	1
第二节 地球化学背景与地球化学异常	1
第三节 地球化学异常的分类和地球化学找矿	2
第二章 岩石地球化学测量	7
第一节 元素的分布和分配	7
第二节 原生地球化学异常	10
第三节 岩石地球化学测量的应用	24
第三章 土壤地球化学测量	32
第一节 风化作用及土壤的形成	32
第二节 次生地球化学异常	33
第三节 土壤地球化学测量的应用	45
第四章 水系沉积物地球化学测量	53
第一节 分散流的形成	53
第二节 分散流的基本特征	55
第三节 水系沉积物地球化学测量的应用	60
第五章 水化学测量	63
第一节 基本概念——水化学测量及其特点	63
第二节 地表水及地下水的化学组份及其来源	64
第三节 水化学异常的形成	66
第四节 水化学测量的应用	72
第六章 气体地球化学测量	76
第一节 基本概念	76
第二节 气体异常的形成	77
第三节 影响气体异常的因素	80
第四节 气体地球化学测量的应用	83
第七章 其它化探方法	88
第一节 生物地球化学找矿	88
第二节 稳定同位素地球化学找矿	91
第三节 航空地球化学找矿	94
第四节 海洋地球化学找矿	96
第八章 地球化学找矿的野外工作方法	99
第一节 野外踏勘试验	99
第二节 地球化学找矿方法的应用及其网度	100
第三节 地球化学找矿野外工作方法	103
第四节 样品处理	105
第九章 化探测试方法简介	107

第一节	基本概念	107
第二节	化学分析	110
第三节	仪器分析	111
第十章	资料整理与异常评价	119
第一节	原始资料的审定	119
第二节	背景值与异常下限的确定方法	123
第三节	化探成果图的编制	139
第四节	异常的解释和评价	143
结束语		163
附 录		
附录1	化探常用含量单位	165
附录2	地壳元素丰度表	166
附录3	主要类型岩浆岩中化学元素的平均含量	169
附录4	主要类型沉积岩中化学元素的平均含量	171
附录5	元素在土壤和地表植物中丰度的比较	173
附录6	各国标准值及其对应关系	174
附录7	区域化探全国扫面样品分析的测定元素与测定范围表	181
参考文献		183

第一章 导 论

第一节 基本概念

随着国民经济的发展，对矿产资源的要求日增。易于查明的地表矿产多已查明且不敷所求，而覆盖和深部的矿体却又急待寻找，从而就推动了一些新学科的发展和应用。其中之一就是地球化学，它的作用主要有两方面：一是理论上的促进，即运用地球化学原理指导找矿；另一方面是利用地球化学方法去找矿，即常言的地球化学找矿。

所谓地球化学找矿，又称地球化学探矿，简称为化探。

从地球化学观点来看，地球化学找矿是应用地球化学的一个分支。从找矿观点来看，它是找矿的重要手段之一，尤其是寻找隐伏埋藏的矿体。

对地球化学找矿的定义，大家看法不一。根据学科的特点和发展现状定义如下：地球化学找矿就是通过发现和研究“地球化学异常”进行找矿的一门学科，此外，它还能解决一些有关的地质问题。具体说，它是在化探基础理论指导下，以现代分析技术和计算技术为手段，对各种天然物质——岩石、土壤、底沉积物、水、气、植物等等——进行系统取样分析，对分析数据进行处理，以求发现地球化学异常，同时研究异常与矿体的关系去找矿的一门学科。所谓化探基础理论是指由近代岩石学、矿床学、地质学、海洋学、地球化学等共同提供的微观规律组成的理论。

作为找矿手段，与物探相比，化探比较直接。但如将二者综合运用，紧密结合地质方法，则更能提高找矿的效果。

第二节 地球化学背景与地球化学异常

研究地球化学异常是化探的最基本问题，而地球化学异常又是相对于地球化学背景而言的。弄清这些概念，对化探至关重要。

一、地球化学背景与背景含量

在无矿或未受矿化影响的地区，区内的地质体和天然物质没有特殊的地球化学特点，且元素含量正常，这种现象称为地球化学背景，简称背景。正常含量也叫背景含量。元素呈正常含量的地区称背景区。

背景区内，元素的分布是不均匀的，故背景含量不是一个确定的数值，而是在一定范围内变动的值。背景含量的平均值称为背景值。用公式表示为：

$$C_0 = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

式中： C_0 ——代表背景值；

C_i ——代表各点的含量值；

n ——代表样品的数目。

此外，也有将背景区内出现机率最多的含量值——众值——作为背景值的。

背景含量的最高值称为背景上限值，或称背景上限。高于背景上限值的含量就属异常含量。因此，也可以称背景上限值为异常下限。

二、地球化学异常与异常值

在广大背景区中，往往有一部分天然物质其地球化学特征与背景区有显著的不同，这就是地球化学异常。所谓不同的地球化学特征，不仅指含量的改变，也指化学组分的不同和物理化学条件（pH、Eh、T等）的差异等等。

如果用数值来表达异常的特征，则该值叫地球化学异常值。相应的地区称为地球化学异常区简称异常区。

值得注意的是关于异常含量问题，人们往往只注意增高的部分，而忽略了降低的部分。因为增高的部分多与找矿有关，降低的部分多与找矿无关。实际上降低的部分往往引起了环境保护问题。这就是说，高于背景上限值的含量是异常含量；大大低于背景值的含量也属于异常含量，以背景值为标准一正一负而已。比如，土壤中的铜含量大大低于背景值，则土壤上栽培的果树将出现叶斑病病变。因此，应全面理解异常含量问题。我们只是按找矿的需要而取含量偏高的部分，所以才将背景上限值又称异常下限值。

计算异常值下限的公式如下：

$$C_a = C_0 + (2 \sim 3)\sigma$$

式中： C_a ——代表异常下限值；

C_0 ——代表背景值；

σ ——代表标准差。

异常和异常区的形成原因多种多样，但找矿工作者主要看它与成矿是否有关来考虑。与找矿有关者，可能在成矿过程中或成矿以后，因有关元素（往往是指示元素——详见第二章）的迁移、分散或集中，使矿体和其附近介质中元素的含量发生变化而造成的异常。与成矿无关的有两种情况：一是由一般地质作用自然富集所致的非矿异常；一是人为造成的异常。因此，在地球化学找矿时，除正确区分背景与异常外，还要正确解释异常形成的原因，评价它的找矿意义。

第三节 地球化学异常的分类和地球化学找矿

一、地球化学异常的分类

根据赋存的介质，地球化学异常可分为两大类：原生地球化学异常（简称原生异常）

和次生地球化学异常（简称次生异常）。前者为基岩中形成的异常，后者为岩石、矿石遭表生风化破坏后，在现代疏松沉积物、水及生物中形成的异常。现代疏松沉积物包括残积物、坡积物、塌积物以及水系、冰川和湖泊的沉积物等等。大气和壤中气中的气体异常，虽然不都是次生作用所致，但一般都列入次生异常之中。

根据与介质形成的时间关系，地球化学异常也可以分为两类：同生地球化学异常（简称同生异常）和后生地球化学异常（简称后生异常）。同生异常与介质同时生成，后生异常则是在介质形成后，异常物质以某种方式进入介质而形成的。

根据规模的大小，又可将地球化学异常分为三类：地球化学省、区域地球化学异常（简称区域异常）和局部地球化学异常（简称局部异常）。

上述三种分类，在工作中第一类常用，第三类少用，第二类偶尔涉及。

值得注意的是以往都把局部的原生异常和次生异常叫作原生晕和次生晕，而“晕”这一概念是不确切的。所谓晕全称为地球化学晕，严格地说应该是三度空间包裹矿体的、有关元素含量增高的异常地段。晕中元素含量的特点，从中心向外逐渐降低直至正常含量为止。但在实际应用中对晕仅仅理解为与矿体有联系的有关元素含量升高（或降低）的异常地段。显然，这不符合上述晕的定义，再加上并不见得都与矿体有关，故目前倾向不用晕这个名词，而用原生异常和次生异常等名词。

还有在表生作用中，矿体及其原生异常因风化破坏，在其附近的残坡积层中形成次生异常。但在附近地表水系沉积物中形成的次生异常，其形态有异沿水系呈线状延伸，因而将这种次生异常称之为分散流。

赋存于水、植物和气体中的异常，分别为水化学异常、生物地球化学异常和气体地球化学异常等等。所有这些异常都是追踪各种隐伏埋藏矿体的线索。

各种隐伏埋藏的矿体及与之相应的各类地球化学异常在空间分布上的关系，请见图1—1到图1—7〔据 T. G. 洛夫林 (Lovring) 和 J. H. 麦卡锡 (McCarthy) 等人1978年资料〕。

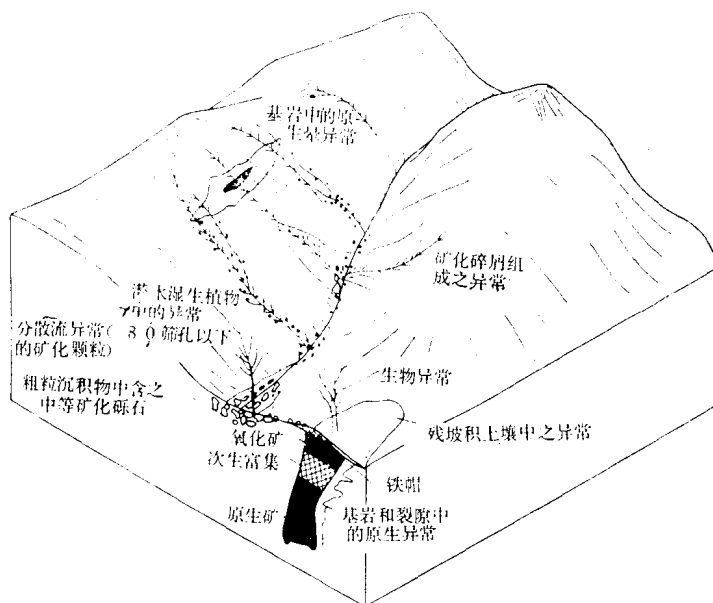


图 1—1 地表有露头或者矿体仅隐藏在残积土、崩积层下之地球化学异常

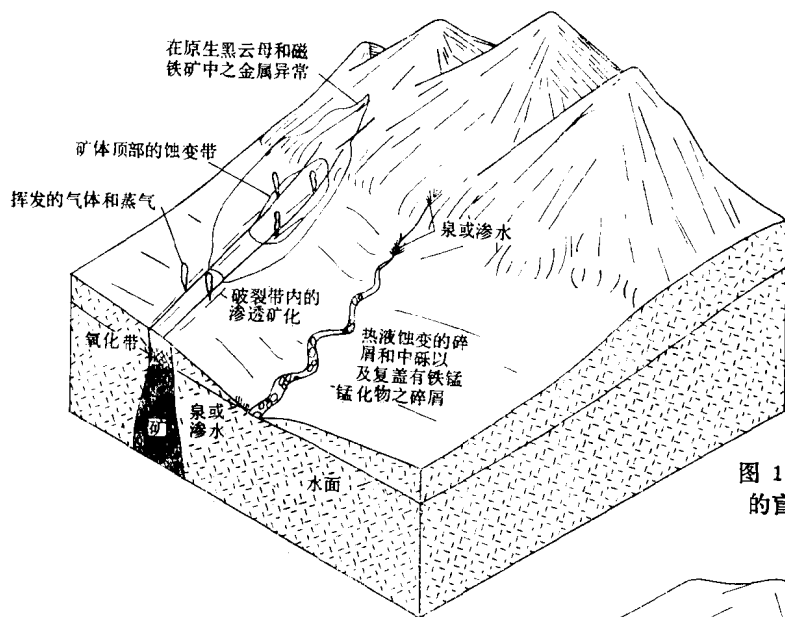


图 1—2 在地垒岩石之下隐藏的盲矿体之地表地球化学异常

图 1—3 隐藏在成矿前岩石中的盲矿体造成的地球化学异常

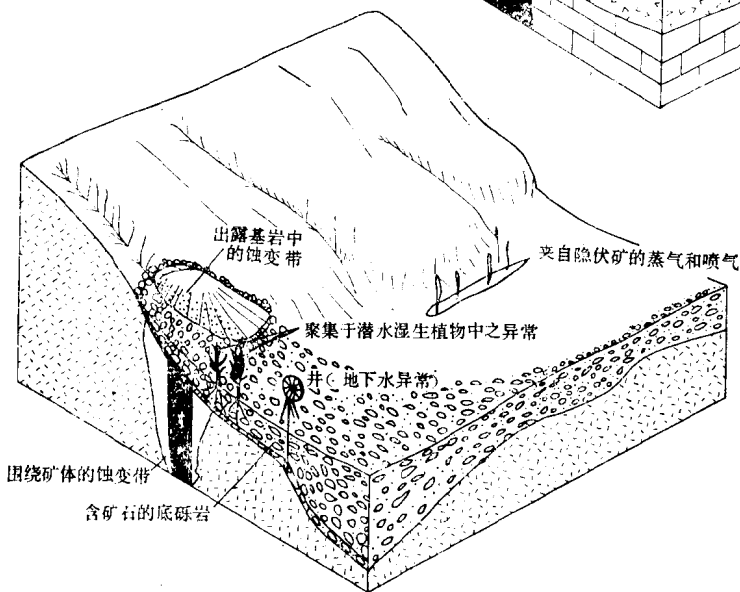
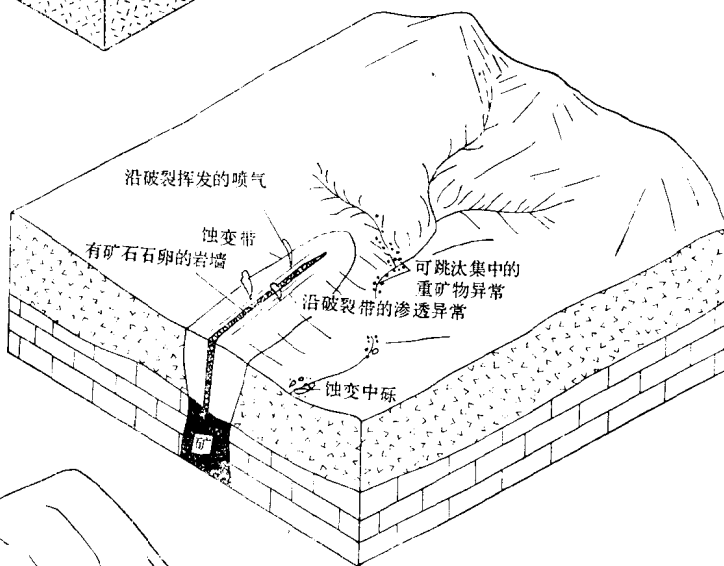


图 1—4 麓原堆积下之盲矿体因渗透而形成之地球化学异常

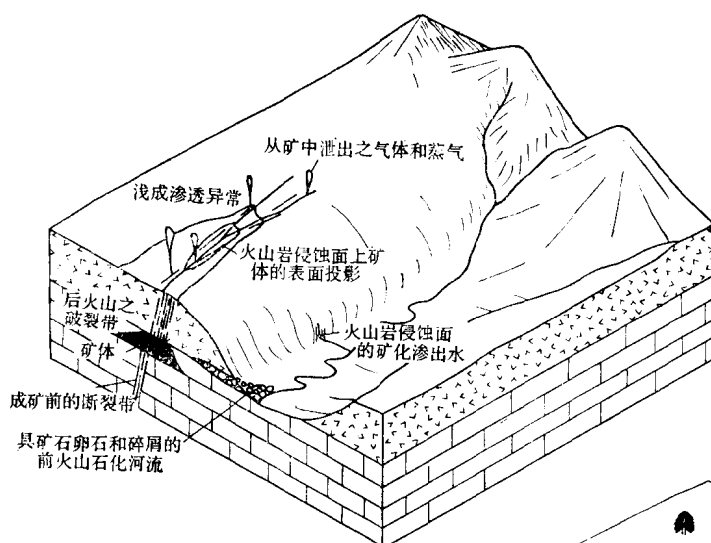


图 1—5 被年青火山岩覆盖的盲矿体上之地球化学异常

图 1—6 被年青沉积岩覆盖的盲矿体所形成之地球化学异常

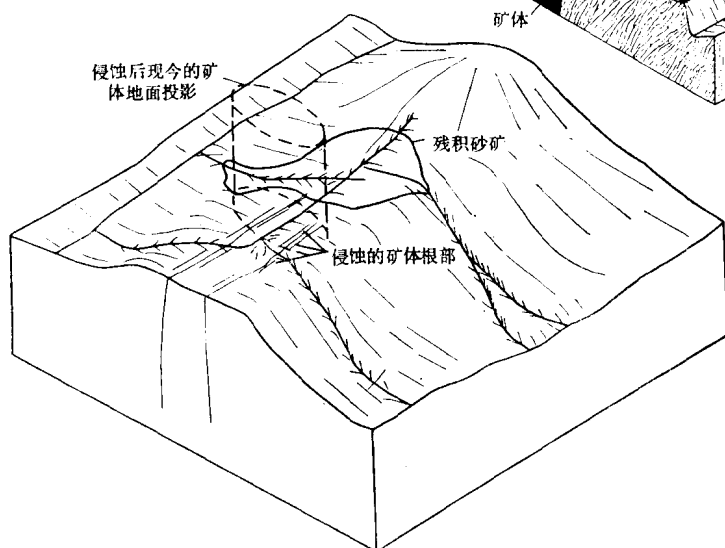
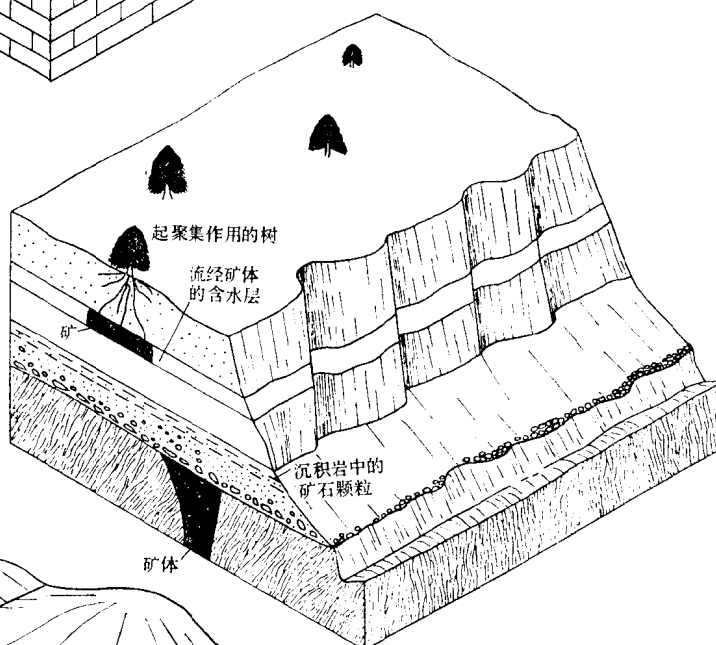


图 1—7 矿体遭侵蚀搬运后其遗迹所形成的无矿异常①

① 原文为假异常，此处按我们的看法（详见第十章“区分异常之真假”一节）改为非矿异常——编者注。

二、地球化学找矿

根据地球化学找矿取样介质的不同可以分为下列五类：

- (一) 岩石地球化学测量；
- (二) 土壤地球化学测量；
- (三) 水系沉积物地球化学测量（即分散流测量）；
- (四) 水化学测量；
- (五) 气体地球化学测量。

此外，还有生物地球化学找矿、稳定同位素地球化学找矿（稳定同位素化探）、包裹体地球化学找矿（包裹体化探），以及航空化探和海洋化探等等。

上述各类地球化学找矿方法中，以前三种最常用，比较成熟找矿效果也较好。其它各类方法均处于试验阶段。一九七五年更有一种将水系沉积物地球化学测量与重砂找矿结合起来的灰砂化探法试验。

总的说，地球化学找矿还不够十分成熟，国外从卅年代开始，第二次世界大战又有些停顿。我国五十年代才开始，六十年代、七十年代虽然在测试技术和电子计算技术方面提高了化探的速度和方法，但理论基础仍然薄弱。因此，为了适应四个现代化的需要，除技术方法继续改进外，还应该加强基础理论的研究。

第二章 岩石地球化学测量

岩石地球化学测量是通过对岩石进行系统取样和分析,去发现赋存于岩石中的原生地球化学异常而找到矿体的一种找矿方法。所谓原生地球化学异常,是指赋存于岩石中的某些微观异常标志(如元素高含量地带、同位素比值的差异等等),这种异常与成岩成矿有关,并受到支配成岩成矿的各种地质因素所控制。

原生异常的表现形式是多种多样的。根据其规模及成因,可以分为地球化学省、区域地球化学异常和局部地球化学异常。地球化学省是发育于广大地区原生异常,这种原生异常范围最大(可达几千到几万平方公里以上),它可视为地壳的一个块段,在这一块段内某些元素的含量与这些元素在地壳内的平均含量(克拉克值)有显著不同,反映了地壳形成时所存在的差异。同一个地球化学省内的各种岩石尽管时代不同,类型不一,但都能反映出上述原始差异所造成的组分特征。如我国华南稀有金属成矿区各时代花岗岩侵入体内的W、Sn、Nb、Ta等元素的平均含量均高于地壳中酸性岩类相应元素的平均含量,因此可通过所发现的地球化学省,对范围广大的地区进行成矿远景评价。区域地球化学异常是一种比较大(由几到几百平方公里)的原生异常,其形成可能与某一时代的成矿过程或某种岩浆岩、沉积岩的区域分布有关,常表现为某些岩体或岩层中有些元素含量偏高,因此可以通过区域地球化学异常,对各时代的地层及侵入岩体进行含矿性评价,圈定有远景的成矿区。局部地球化学异常却是一种范围较小的原生异常,它与矿床(矿体)密切相关,其中形成于矿体周围的原生异常(又称原生晕)就是局部地球化学异常的一种,它具一定的几何形态,可直接用于寻找盲矿体。

岩石地球化学测量的主要目的就是发现原生地球化学异常,并根据异常的组分特征和形态特征去追索矿体。

第一节 元素的分布和分配

在化探工作中,确定地球化学异常的基础就是如何正确地确定工作区内某特征元素的正常含量,而元素正常含量的确定又与它在地壳中的分布分配有密切关系,所以有必要讨论元素在地壳中的分布与分配的问题。

元素的分布和分配都是有关元素含量的概念,其中分布是指元素在各种宇宙体或地质体中整体的总含量,而分配却是指元素在各个宇宙体或地质体内部各部分或各区段中的含量^①。化探主要涉及的就是元素在地壳内的总含量及在地壳各区段中的含量,即元素在地壳中的分布和分配问题。元素在地壳中的原始分布量变化非常缓慢,不易察觉,因为它决

① 西方国家不太注意分布与分配的区别,二者都用“distribution”来表达,而我国和苏联则比较注意二者的区别,在苏联分别用“распространенность”和“распределение”来表达“分布”和“分配”两个专用名词。

定于元素的起源、元素的质量以及原子核的结构和性质等因素, 这些因素在比较长的地质时期内变化是不大的; 而元素的分配量则变化比较显著, 可以在比较短的地质时期内表现出来, 因为在地壳形成之后, 由于元素的迁移运动而使它在不同地段的分配不断发生变化, 因此分配量的变化易于察觉。地球化学理论证明: 分配量主要与原子核外电子层结构及其地球化学性质有关。在化探中, 分配量的研究比分布量的研究更有意义, 一般称元素的分配量 (即局部区域或某一区段元素的平均含量) 高于分布量 (即整体的平均含量), 谓之相对“集中”, 偏低则谓之相对“分散”。分散和集中是成岩或成矿作用过程元素分配的结果, 因此元素含量的分配特点是反映成岩、成矿作用的过程和机理。研究分配规律 (即分散和集中规律) 不仅是地球化学的重要课题, 也是地球化学找矿的根据和基础。

下面概略介绍元素在地壳中的分布和在各类岩石中的分配以及元素迁移规律等问题。

一、元素在地壳中的分布

地壳内化学元素分布量之多少, 早在1889年F. W. 克拉克 (Clarke) 和H. S. 华盛顿 (Washington) 等人首先进行了研究。他们根据各种岩石准确的化学分析资料求得约50种元素在地壳中含量的平均值。后人为了表彰克拉克等人的功绩, 把各元素在地壳中含量的平均值 (百分率) 叫做“克拉克值”^①。

$$\text{克拉克值 (K)} = \frac{\text{某一元素在地壳中的总重量 (吨)}}{\text{地壳总重量 (24.28} \times 10^{18} \text{吨)}} \times 100\%$$

继克拉克之后, 许多学者继续研究了元素在地壳中的分布, 但由于对地壳的概念理解不一、取样代表性、各类岩石所占比例、分析技术以及统计计算方法选择等等许多问题未得到妥善解决, 因此不同学者之间所求得的克拉克值便有所不同, 对于一些含量较高的元素则大致相近, 而对于一些微量元素却分歧很大 (参阅附录表2)。

元素在地壳中的分布具有如下特点:

第一, 化学元素在地壳中的分布是不均匀的, 有些元素之间的克拉克值相差非常悬殊, 如Au的克拉克值为 $4 \times 10^{-7}\%$, 而Si为28.15%, 二者相差竟达亿倍。

第二, 几个主要的造岩元素 (如O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H等) 占地壳总重量的99%以上, 而其余的元素在地壳中仅占1%不到。这说明地壳中绝大部分化学元素处于分散状态; 矿床只是这些元素在某一地史时期发生重新分配并在一定区段内相对集中所致。

各元素在地壳中的平均含量是很重要的特征值, 它是地壳各个地段 (或各种地质体) 内元素含量增高抑是降低的比较标准, 也是阐明元素迁移 (分散或集中) 的重要依据。因此, 工作中常用地质体中某元素平均含量与克拉克值之比值 (即所谓浓度克拉克值) 来表示元素的集中和分散状况, 比值大于1, 说明该元素在地质体内相对集中, 反之即谓之相对分散。

二、元素在各类岩石中的分配

地壳是由不同类型的岩石组成的。化学元素在各种岩石内的含量是很不相同的 (见附

① 在文献中常见“丰度”一词, 它和克拉克值是有区别的, 克拉克值只代表元素在地壳中的平均含量, 而“丰度”涵义较广, 凡元素在任何宇宙体或地质体中的含量都可用丰度表示。丰度惯用 ppm ($=1\text{克/吨} = 1\text{微克/克} = 10^{-6}\%$) 表示而克拉克值均用百分含量 (%) 表示。

录3), 因此必须分别研究元素在各类岩石中的分配量, 这对地球化学异常的判别具有重大意义。比如对岩浆岩来说, 由于各种元素在岩浆演化过程中的地球化学行为并不相同, 于是岩石类型不同, 相对富集的元素也不相同。成矿元素在岩浆分异作用中之分散集中总趋势大致是: 超基性岩相对富集Fe、Mg、Ni、Cr、Co、pt族元素等, 基性岩相对富集Ca、Mn、Cu、Sc、Ti、Mo、V、Zn等, 中性岩相对富集Al、Na、Nb、Zr、La等, 酸性岩相对富集Li、Be、K、Rb、Cs、Ba、Sr、U、Th、Ta、Y、TR、Pb、B、F、Cl等。从超基性岩到酸性岩, Li、Na、K、Be、Ba、Mo、Sn、Pb、Sb、U等元素的含量逐渐升高, 尤其Li、Be、Ba之变化竟达数十倍, 但Ca、Mg、Cr、V、Fe、Co、Ni、As等元素的含量却逐渐降低, 特别是Cr、Co、Ni的变化也达数十倍之多。不同的沉积岩也有相对富集某些元素的特点, 如页岩显著相对富集Fe、Co、Ni、Mo、Sc、Ba、Li等, 砂岩相对富集Zr、Y、Gd等, 碳酸盐岩相对富集Ca、Sr、Mn等。元素之所以在各种地质体中分配不同, 这是由于元素迁移运动——分散与集中——造成的, 研究与成矿有关的微量元素在各种岩石中的分配规律, 这不仅有助于指示元素的选择, 而且有助于异常评价和矿床成因的探讨。

地球化学背景含量(通称“背景”)之所以具有地区性, 就是由于各地的岩石不同, 化学元素在各地区的平均含量也就不一样。因此在某一区域开展化探工作, 往往都要确定元素在该区域中的相对平均含量, 作为这个区域的地球化学背景值; 只有在特定的条件下, 才可用元素克拉克值或局部的平均含量作为背景值。另外, 某些岩石可能富含一些特征元素, 所以在解释化探异常时还必须注意由此而造成的所谓“非矿异常”, 因此异常解释必须实地检查并结合地质特征进行, 否则将因判断错误而带来不必要的经济损失。但是, 我们倒可利用这些特征元素含量的升高来圈定覆盖层下这些岩体。

三、元素在同种岩石中的分配

元素不仅在地壳中的分布不均匀, 即使在同种岩石中的分配也不一样。在自然界, 往往由于地理位置不同, 同种岩石中的元素含量相差很远。有的因形成时代不一样, 造成一个地区内同种岩石的特征元素含量或组合不相同, 如我国南岭地区花岗岩, 属于加里东期的, 铁族元素(Ti、V、Cr、Ni、Co)的含量较高, 与稀有金属矿化无关; 而属于燕山期的, 则含有Sn、Li、Mo、Bi等成矿元素, 稀有金属矿化常与这期花岗岩有关。可见, 研究元素在同种岩石中的分配特点, 对于指示元素的选择和化探异常的评价, 将具有重要的意义。

四、元素含量的分布型式

元素在同一岩体或岩石中的含量分布有一定幅度的变化, 这种变化往往表现为一定的概率分布, 分布型式服从统计规律。根据阿伦斯(Ahrens 1954)等人的意见, 认为岩石中或矿物中元素含量常为对数正态分布的型式, 其次为正态分布, 少数为其它分布型式(见图2—1)。

元素含量呈正态分布时, 其概率分布规律用“分布密度函数” $P(x)$ 来描述:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

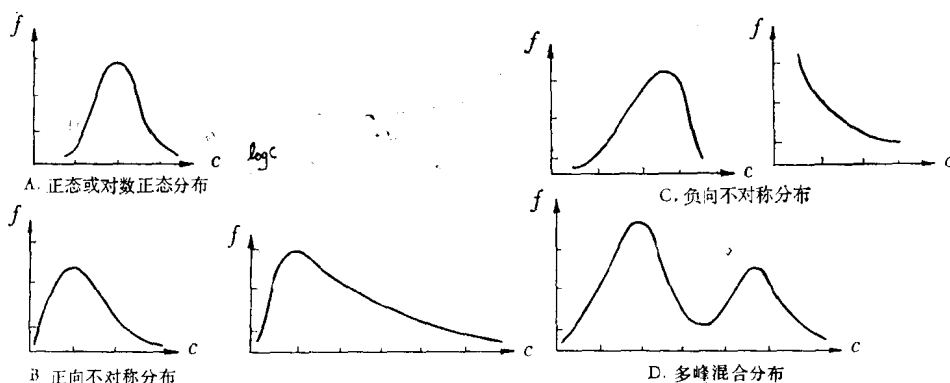


图 2—1 各种分布型式

式中 $\pi=3.1415$;

$e=2.71828$;

σ 为母体的均方差, 是一个参数, 表示样品中元素含量或其对数值之离散程度;

μ 为数学期望, 也是一个参数, 常为算术平均值或几何平均值。

这公式说明元素含量某一数值出现的频率 $[P(x)]$ 是母体均方差 (σ) 及数学期望 (μ) 的函数, 函数的曲线呈钟形, 单峰, 对称式 (见图 2—1A)。

研究元素含量的概率分布密度函数及其参数和分布型式, 不仅具有理论意义, 而且可作为评价岩浆岩体含矿性的一条地球化学准则, 直接用来预测岩体的含矿性。因为, 一种元素的含量在含矿岩体中与在无矿岩体中, 其分布型式是不同的, 或者相同但参数决不一样, 因此, 可以利用这些差别来评价岩体的含矿性。但这种统计评价, 必须密切结合地质才能奏效。

第二节 原生地球化学异常

一、岩浆矿床的原生地球化学异常

(一) 形成及其控制因素

岩浆矿床根据岩浆分异作用的性质和形式不同, 分为早期岩浆矿床、晚期岩浆矿床和熔离矿床, 同时相应地产生不同特点的原生异常。这里只着重讨论早期岩浆矿床衍生的原生异常, 其它类型岩浆矿床的原生异常由于具有热液矿床原生异常的特点, 在后面有阐述, 这里就从略了。

早期岩浆矿床及其原生异常是由岩浆结晶分异作用形成的, 即岩浆在冷凝过程中, 由于温度逐渐下降以及围岩组分的加入, 使岩浆的性质不断发生变化, 从而影响各种组分在岩浆中的溶解度, 于是结晶温度不同的各种矿物随着温度下降而先后不同地顺序晶出。晶出的矿物由于比重的差异及岩浆内部对流作用的影响, 在重力作用下, 比重大的金属矿物 (如铬铁矿、自然铂等) 下沉到某个合适的部位或岩浆熔融体的下部, 相对集中而形成富含这些金属矿物的地段或矿体; 比重轻的矿物 (如硅酸盐矿物) 在浮力作用下相对富集于

熔体上部,形成岩浆侵入岩。这种发生于岩浆结晶早期阶段的结晶分异作用并非都进行得十分彻底,矿体和围岩的界线往往是逐渐过度的,常常金属矿物呈浸染状散布于含矿母岩中,而成矿金属元素或与其伴生的其它金属元素甚至逸散得更远,形成范围宽广的原生异常。这种原生异常与围岩(岩浆岩)是同时形成的,故又称同生异常。

控制岩浆矿床同生异常发育的主要因素是岩浆的性质,岩浆结晶的分异程度,岩体的形态和产状,成矿元素的组分浓度及其地球化学性质和存在形式等等。一般岩浆结晶分异程度越好,越不利于同生异常的发育,因为结晶分异程度越好,越利于成矿元素早期晶出而集中成矿,因此分散在岩石中的成矿元素也就相对减少。

(二) 特点

早期岩浆矿床衍生的原生异常,具有两个特点:

第一,含矿母岩、矿体及其原生异常是同源分异物,而矿体和原生异常只是在同一成矿作用中,元素集中过程的不同分配的结果。

第二,含矿母岩、矿体及其原生异常之间没有明显界线,是逐渐过渡的。不过,在矿体周围,尤其在矿体上方母岩中,原生异常较发育,而且越接近矿体,异常强度越高。

这些特点在宏观上表现为各种不同的岩相带,在微观上表现为造岩元素和成矿元素在不同岩相带和赋矿地段的分配特点。

二、热液矿床的原生地球化学异常

如今,找矿效果最显著而研究又较深入的是各种热液矿床的原生异常,尤其气化—热液矿床的原生异常。下面分别介绍这类异常的形成和它的特征等问题。

(一) 形成及其控制因素

关于这类原生异常的形成问题(包括异常物质来源、迁移动力及方式、沉淀机理及存在形式等问题),争论较多,目前为大多数学者接受的观点是:含有多种组分的热液进入地壳上层围岩后,由于体系温度、压力、化学势等物理化学条件的改变,使金属元素在成矿有利地段大量聚集而形成热液矿床,同时并使近矿围岩发生热液蚀变。在这个过程中,热液中残余的成矿元素及其伴生元素则通过热液的渗滤、扩散、流渗以及气相运移等作用,沿着各个方面的构造裂隙逸散于矿床周围的岩石内,导致围岩中这些特征元素的含量升高,且产生特殊的元素组合,形成所谓热液矿床的原生异常。围岩蚀变和原生异常都是成矿作用迭加于矿体围岩所形成的,一般说来,决定原生异常大小的因素与决定围岩蚀变强弱的因素是相同的,于是它们在成因上密切相关,在空间上紧密伴生,它们往往是同一次热液活动的不同表现,只不过蚀变带是岩石受热液作用所引起的矿物变化的一个范围,这种变化通过肉眼或显微镜可以观察到的,是宏观的变化,它所涉及的元素基本上是造岩元素;而原生异常虽是在同样的热液作用下,但却表现为岩石中微量元素含量的变化,是一种微观的变化,这种变化只有化学分析或仪器分析才能确定。原生异常的分布范围通常要比蚀变带的范围宽广得多。

由上可见,原生异常和矿床在成因上和形成时间上(指地质年代)是相同的,只是空间上与存在形式上以及元素的集中程度方面存在差别,因此可以认为二者具有共同的物质来源。大多数学者认为在原生异常形成过程中,成矿元素及其伴生元素主要以易溶络合物的形式溶解于含矿溶液中(少数呈气态),然后进入围岩。成矿物质在围岩中的迁移运动方