



地球物理勘探方法小丛书

金属矿化探

沉 馨 著

资 出 版 社

中国地质大学（北京）地质研究所

金属矿化探

地质部地质研究所

地质部地质研究所

这本小册子是将“地球物理勘探”1959年8—12期中所刊“金属矿化探讲话”收集出版的。内容通俗易懂、深入浅出，系统叙述化探工作的原理、应用条件及工作方法等问题。适合化探操作員、练习生閱讀，也可供地質人員和物探部門的行政人員參考閱讀。

地球物理勘探方法小丛书
金属矿化探

著 者	沉 賀	社
出版者	地 質 出 版	社
	北京西四单市大街地質部內 北京市書刊出版業營業許可証出字第950号	
发 行 者	新 华 書 店 科 技 发 行 所	
經 售 者	各 地 新 华 書 店	
印 刷 者	地 質 出 版 社 印 刷 厂	
	北京安定門外六鋪炕40号	

印数(京)1—4000册

开本787×1092¹/₃₂

字数34000

定价(9)0.24 元

1960年1月北京第1版

1960年1月第1次印刷

印张1⁵/₈ 插頁 1

統一書号: 15038·804

目 录

第一节	什么是化探.....	1
第二节	化探和分析.....	11
第三节	化探的采样.....	23
第四节	化探的应用.....	35
第五节	化探資料的解释.....	45
結束語		51

金 屬 礦 化 探

第一节 什麼是化探

“化探”是“地球化学探矿”的简称。

人們开始运用化学的方法和概念来研究地質問題，还是十九世紀末和二十世紀初的事情。这时，化学，特别是分析化学已有了比較大的进步，人們已經有可能通过化学的原理或分析化学的方法，去了解地壳中化学元素的組成、分布等等方面的状况和原因。

1908年美国克拉克 (F. W. Clark) 根据他所研究和搜集的大量岩石、矿物及水的化学成分的数据，計算了地壳以及地壳不同岩石中的平均化学組份，发表了“地球化学数据” (Data of Geochemistry) 的名著。这是第一本地球化学工作中有历史意义的著作。它首先提供了相当全面的化学元素在地壳中如何分布的資料。克拉克的工作由于后来得到更多的地球化学家的参与，因此对于各种元素的含量，特别是大气、生物、水中的各种元素的平均含量，以及过去由于分析化学技术所限制，难以分析和得到正确分析結果的稀有分散元素的平均含量，均有了新的重要的补充和訂正。更主要的是，地球化学家已經不只是根据分析数据的“經驗統

計”從事研究工作，而且進一步從化學元素在地殼中分布、轉移的現象中，研究在不同地質階段中的規律性及引起上述現象的原因及特性。

這方面的工作，應該歸功於蘇聯學者、地球化學奠基者維爾納茨基 (В. И. Вернадский) 及其學生費爾斯曼 (А. Е. Ферсман)。

總之，化學元素在地殼中（地殼不同種類的岩石中）的分布，有着一定的規律性。為什麼有的地方金屬元素富集成礦，而另一些地方卻又是以分散狀態存在，富集和分散之間究竟有着什麼關聯，……探討這方面內在的或外在的原因，就是地球化學的任務，是地球化學重要的任務之一。人們如果完全熟習了富集和分散的規律性，那末找礦的問題將變得十分簡便，至少可以說將更加有把握地迅速找出人類所需要的各種礦產資源。

化探就是用地球化學的觀點指導找礦，所以地球化學是這種找礦方法的理論基礎。有人將化探只看成是一個“分析化學”問題，那是不全面的，因為只是分析，並不能說明如何找礦的問題。

金屬礦物中的金屬元素，從富集到分散，或者從分散到富集的現象，是十分普遍的。很多砂礦就屬於前者。不少接觸交代礦床就屬於後者。不過，化探方法主要是研討金屬元素從富集到分散方面的現象。

通常，地質人員常根據轉石追蹤礦產地，轉石就是從富集到分散的分散作用的產物。又如地質人員根據出露地表的礦化現象、蝕變現象來找礦，根據淘洗重砂的方法來找礦，

这些都可以說成是从富集到分散的分散作用的结果，根据所发现的分散范围或地段，反过来从而追踪富集的“泉源”——成矿的地段或矿体。不过，这些方法有一个共同点。它们的分散产物或矿化标志，都必须是在肉眼能够辨認清楚的，如果不能被肉眼所識別，那就难以利用了。化探方法在这一方面就具有优越性。它通过近代灵敏度高的分析方法，可以发现肉眼所不能觀測到的分散現象，那怕是矿物顆粒被风化成极細极細的、眼睛或放大鏡甚至显微鏡所不能辨認的微粒、甚或被溶解而滲散在地表疏松物質(土壤)中时，元素的含量虽很低，都仍可以被发现出来。这样就大为扩大了眼界和分散作用的可覺察的范围。所以在地表露头被复盖，或者是找矿标志被复盖的地区，通过分析，仍可了解金属元素的分散情况。通过分析岩石，根据分散在不同岩石中微量金属的不同含量，或不同的微量金属組份，某些輕微的、肉眼見不到分散有金属矿物的矿化地段，有成矿意义的岩石接触带，蚀变带，也同样都能可以被一一区别出来，因而增加了找矿的指示和方向。这就是說，靠肉眼的方法，对觀測分散范围，有很大的局限性。化学元素分散、移运的范围一般都相当大，肉眼只能觀測一小部分。采用分析方法就可以几乎发现整个的分散范围和地段。

从化探工作的角度講，为了便于叙述，我們可概括为二类金属元素从富集到分散的情况。

第一类，通称为次生的分散現象。有工业价值的矿床(富集着够开采品位的有用金属元素)，由于遭受热胀冷縮、日晒夜露、雨淋水溶、水力冲击等等的影響，在相当长

的地質时期內，矿体受到侵蝕，便开始崩裂，于是大块变小块，小块再次分解成矿物微粒，对某些不稳定的矿物來說，甚或完全被分解成为可溶的金属盐类。这时，由于风化侵蝕的結果，这部分矿体就以矿物微粒或金属盐类的形式向其四周分散，一般來說它向山坡的下方运动，遵循着重力（地心引力）的法則。最靠近矿体中心或上方的地方，矿化金属的含量最高，几乎接近原有的品位含量；越往远处，含量就越来越低，最后终于接近一般地壳中該元素的平均含量，而至于消失。金属元素这一从富集的矿体向四周分散的現象；是在金属矿已經形成之后，再次被分解的結果，所以称之为“次生”。

刚才我們所提到的重砂找矿方法，所謂矿物的重砂就是次生分散的产物。不过，重砂都是一些不易风化的、相当稳定的矿物，如錫石、黑鎢矿、綠柱石、辰砂、金刚石以及某些鉑、銻、鈦、鈹等自然元素。它們一般只經受了物理的分解作用，即机械作用，沒有发生溶解等等化学过程的反应和变化。重砂的顆粒还是大，可以被肉眼或放大鏡、显微鏡所鑑定出来。不过有很多硫化矿床的矿物，如銅、鉛鋅、銀、鉬、鎳、鈷等等；就很易风化和溶解，这些矿物很不稳定，它們一旦遭受了风化侵蝕作用，就成为可溶性的盐类，在土壤中生成各种复杂的化学离子間的交換反应，有的被胶体吸附下来，有的被雨水、地下水帶往更远的地方，但有时則生成另一种不溶性的盐类（如原生的方鉛矿，在不同酸度条件下，轉变成成为不易溶的白鉛矿或鉛矾）又重新稳定下来。

这种被风化了了的矿体四周所出現的金属含量增高的范围

和地段，在化探工作中有一个专门的名词，即所谓“晕”。晕是一个比较形象的说法。在晴空的夜晚，我們有时看到明月的四周，围绕有一片白蒙蒙的光芒，这就叫做月晕。如果把矿体比作月亮，矿体四周分散着的增高了的金属含量，也就可以被我們理解为是一种矿化晕的现象。还可以作一个更通俗的比喻。一块墨，放在一杯静止的水中，经过一定时间后，带胶质的墨分子会在水中向墨的四周分散，这时从玻璃杯的侧面，就可以观察到“墨分散量”。墨分子是在水介质中分散的，靠墨越近，墨分子浓度越大，越远就越淡，即分散作用越弱。这个例子，可以作为形成矿床分散量的原理的补充。不过应该说明，在矿体被侵蚀时所生成的分散现象，不可能是在水那样均匀的介质中进行，也不可能不含有其他的复杂化学组份，而不形成相互间的化学作用。因此在真正的自然条件下所发生的分散现象，就要比我們所设想的比喻复杂得多。

第二类，通称为原生的分散现象。最基本的理解是：矿体周围的基岩中，也往往存在有矿体成分元素的含量增高带。因为这一含量增高带，是与成矿同时形成的，这和第一类成矿后风化成因的次生现象有着根本不同的区别，所以就称为“原生分散量”。我們可以在不同成因的矿床，如沉积的、热液的、岩浆的矿床上观察到这种现象，但到目前为止，几乎还只有在热液矿床（主要是硫化矿床）上进行了这方面的研究。

应该说，分析基岩的原生分散量方法，实质上是研究矿化场或矿化地段。但在矿化场或矿化地段内，不一定形成有

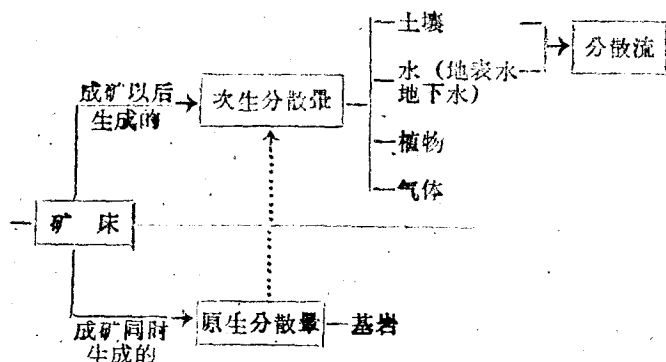
工业意义的矿体，有时只存在有矿物的分散浸染或是孤立的、不大的聚集体等等。因此有些学者認為成矿过程中所謂原生分散量的形成，并不象次生分散量那样能够得出明确的解释，所以有时就不常采用它。

不过，就多数热液硫化矿床来說，有一种很值得重視的現象。含有用金属元素的矿液，在成矿过程中，由于本身具有相当大的压力，相当高的温度，因此自深部上升的矿液，往往沿脆弱的构造带，如破碎带、不同岩石的接触带侵入。在这些离深部矿体相当远的构造带范围内，可以发现矿化元素增高的現象（达几百米远）。矿液有时侵入构造带的围岩，有时也引起围岩的蚀变。在这种情况下，伴生的矿化元素所生成的原生分散量的范围，有时比主要的矿化元素要大得多，所以在分析基岩的工作中，也采用分析硫化矿床的汞、砷、鋇、銀、鋇等等伴生元素作为指示元素，比分析主要矿化元素还更为有利一些。

当然这方面的工作，研究得很不够，在化探工作中还处于試驗研究阶段。看来，根据原生分散量的理論，特别是在上述有利条件下，来找寻硫化矿床的深部盲矿体，有着比較广濶的前途。

总之，第一类的次生分散現象和第二类的原生分散現象，是进行化探工作二个重要的方面。在生产工作中，主要是采用次生量方法。

我們可以用一个表格，总结一下上面所講的相互关系。



从表中可以看出，矿床的次生分散量主要是存在于土壤、地表水、地下水、植物和靠近地表的气体^①中。存在于土壤和地表水、地下水中的次生分散量，由于雨水的冲刷和搬运，以及地下水流、地表水流的运动，往往沿小河及溪谷往下游移动。这时，很多金属元素在搬运途中又被胶质的氢氧化物（铝、镁等化合物）所吸附，而在水系的底部沉积物中积聚下来。这种现象，称为“分散流”现象。采取水系底部沉积物进行分析的工作方法，通称为分散流方法。它可以节省面积性化探测量的分析工作量，能很快圈定出有远景的成矿地段，因而能很快指出布置详查的工区，缩短找寻出矿体所需的时间，提高普查勘探的效率。

① 硫化矿石氧化时，氧参与氧化作用形成硫酸。当硫酸与碳酸盐的围岩接触，就产生 CO_2 。因此，条件良好时，在硫化矿体上方靠近地表的土壤中通过分析，常能获得氧的含量减低和 CO_2 含量升高的现象。这种工作，在苏联大比例尺详查工作中，已有采用，据说也已取得效果。这种气量，是一种间接的分散现象，并不是矿化元素直接的标志。

还应该说明一个现象。原生分散量也可以遭受风化作用，生成次生分散现象。因此，有些时候，我們所分析的基岩中的金属含量，不一定完全是成矿同时的产物，它也可能被溶解和淋失，也可能从别的来源补给有某些外来的混入掺入物。

根据上面的分类，地球化学探矿方法可以分为四类：

一、岩石化学方法

1. 分析地表疏松物质（土壤）。

2. 分析基岩。

分析地表疏松物质（土壤）的方法，应用得最为广泛。在物探部门，专称为“金属量测量”方法。

二、水化学方法 分析地表水、地下水、泉水，特别是地质构造上有利于流经并冲刷深部矿体的上升泉水。

三、生物化学方法 分析植物的根、茎、叶、嫩枝或树皮等。这种方法，生产中还很少应用。工作要求的条件，也比较复杂，也不可能大面积采用。

四、气化学方法 分析土壤中的气体。金属矿化探工作中，除了硫化矿床有时可利用间接的标志分析氧及 CO_2 以外^①，主要是分析放射性金属矿所产生的氦气。气化学方法，在石油化探中是主要的方法，或称气量测量，专门分析石油的重烃类气体。

所以，从上述四种方法来看，金属元素的分散量已经进入了地球的岩石圈、水圈、生物圈和气圈的各个领域。金属元素在上述“地圈”中的分布和移动，由于经过各不相同的介质（有的是土壤，有的是水，有的是植物）和途径，所以

① 見前頁注。

分散的規律也各不相同。这种情况就显得相当复杂，因此，应该通过大量的分析实践的资料，总结出一定规律来，这对提高这些化探方法的地質效果，有重要的意义。

地球化学探矿方法，究竟可以解决一些什么问题？根据现有的文献资料及我国的实际工作成果来看，大約可以归纳为五个方面：

一、评价地区的矿化程度，圈出有远景的成矿地段，指出勘探工作的方向；

二、圈定矿化带或推断隐蔽矿体的范围及位置；

三、圈出基性岩、超基性岩体花岗岩块或某些其他的岩体，配合地質或物探进行填图工作；

四、圈定砂矿，如砂锡、砂铅矿的范围；

五、检查物探异常，鉴别异常是矿所引起，还是非矿原因所引起。

由于自然条件各不相同，矿床的矿物成分也不相同，分散晕的形成条件也就不一样，这就造成化探工作的效果在这一地区很显著，而在另一类地区的地区，有时就可能不显著。所以在工作中，应遵守技术操作的规定，不出差错地进行采样和分析。取得的结果，不能单从分析所得的金属含量的高低去作评价，异常应该进行实地的地質观测，認真加以对比，多作山地检查。如果只根据一些分析数据就想去进行评价，那就会发生錯誤。这种探矿方法在实践中已广泛証明行之有效，是通过实践获得发展的。所以理論上虽还不够成熟，但在地質普查勘探工作中，已为各方面所大量采用。

※ ※ ※

化探是地質工作中最年青的一門兵種。这个方法还只有三十来年的历史。

伟大的地球化学奠基者苏联学者費尔斯曼在1939年写了一本“地球化学和矿物学的找矿方法”（共440頁），他指出：“必須根本改变普查工作的方法，因为不推广新的地球化学的观点，我們就不可能很迅速地滿足日益增长的社会主义經濟建設的需要”。

作者在同一書中（原文149頁），还提到了我国地質学家李四光和舒文博在1942年发表的有关閃长岩侵入体研究的工作。在他們的工作中，利用氧化物的等量綫，表明了 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 CaO 在閃长岩中的含量分布情况。根据等量綫的位置，得出元素在侵入体内分异作用过程的概念，以及关于接触作用、閃长岩对石灰岩的同化程度和同化作用对形成鉄矿地段的影响等等一系列的概念。費尔斯曼認為：这个工作，實質上是近代地球化学方法的先声。这与現有的化探工作方法在基本內容上可以說是十分一致的。

当然，地球化学找矿工作真正的开始，应当首推苏联。1936年，薩伏朗諾夫（Н. И. Сафронов）首先提出矿床分散暈的概念并指出它在普查找矿工作中的意义，在同一时期，薩伏朗諾夫在普查錫矿时采用了光譜分析方法，弗列罗夫（В. Л. Флеров）用錫量測量普查原生錫矿床，澤宁（М. Ф. Зенин）在銅矿区的銅量測量工作，均取得了不少效果。

在苏联卫国战争期間，金属矿的化探工作或多或少受了一些影响，但是在战后，运用的規模，有了空前的扩大。从

1951年后，化探工作轉入以普查为主的方向，地質效果大为提高。1955年苏联地質部明确发出指示，規定各个地質机构在地質工作一切阶段中，必須研究并推行地球化学方法，其中最主要的方法为金属量测量方法。

在欧、美等国家中，地球化学探矿工作开展得比較晚，主要也是在第二次世界大战以后才較广泛地开展应用。这方面工作做得比較久一些的国家，有芬兰、美国、加拿大、瑞典等国家，最近新西兰、澳大利亚、日本、奥地利也都比較重視这方面的工作。

我国的化探工作是在1951年前后开始的。目前在地質部、冶金部的各个地質机构、物探机构中都已开展了金属量测量工作。从1958年起，并已开始推广分散流及水化学找矿方法。在研究工作方面，已开始注意原生晕的試驗工作，开始向找寻稀有分散元素方面扩大化探工作的領域。几年来，我国各主要有色金属矿区大都做过化探工作。已进行普查并能取得一定效果的金属元素，計有銅、鉛、鋅、鎳、鉻、鉬、錫、錳、汞、鎢等。

第二节 化探和分析

在第一节里，我們已經說了一些化探和分析的关系。我們說，化探是根据地球化学原理进行指导找矿的。化探需要一些灵敏度比較高的分析方法。但是这样說，还是沒說清問題，有必要作一些补充。

化探和分析究竟有些什么关系？化探在野外采取了成千

上万的土壤或岩石样品，目的不就是要分析这些样品嗎？化探工作很大一部分工作量是化驗分析，不就是根据分析結果的高低，就可以說明有矿无矿嗎？事实上問題并不是那么簡單，但确实有一些人又把化探和分析混成为一回事。因此，这种看法，須更改过来。这是一种誤解，是一种不全面的看法。

对化探來說，为了了解化学元素在地壳中各个不同部分（如不同类的岩石、土壤等等）中的含量分布情况，当然要进行分析工作。极微的含量，还得采用近代灵敏度高的分析方法。分析是一项專門的技术，是化探工作的重要組成部分。分析質量的好坏，直接影响着化探工作的地質效果。但不管怎么說，分析只是化探工作的手段，不是工作的目的。只取得一些元素的定性（有什么化学元素）、定量（該元素的含量多少）資料，并不就算完成了化探工作的任务。

过去我們常說“化探化探，化而不探”那么一句話。这是指在某一时期，我們比較強調分析方法的探討，而对結合具体的地質情况，充分利用化学数据來說明地質效果这一方面，有所忽視。看来，只強調分析是不对的，这点直到目前为止，还值得引起一定的注意。

那末，化探除了需要用分析方法作为了解化学元素定性、定量的分布情况以外，究竟还有什么內容呢？化探究竟怎么样“探“法呢？

我想，回答这方面的問題，还是得从“化学元素在地壳中的分布有着一定的規律性”这句話說起。

要确定化探工作的分析項目（分析哪一些化学元素），

就需要按化学元素分布的规律性办事。否则我们就难以正确的选择和确定被分析元素的项目。

在普查工作中，因为地区的地質情况还不够清楚，进行化探工作时，究竟以那些元素作为分析项目好；常常是一个比较伤脑筋的问题。但是幸好在一一定的地質成矿条件下，往往产出相同的一些元素和矿物，这些元素和矿物间的共生组合关系具有通性，常常是很典型的也是很有代表性的。因此，当我们在一个地区进行工作时，就有可能根据相应的地質資料作出比较合乎实际的推論，因此如何确定分析元素项目，也就比较容易了。

在经过大量分析工作后，我们会取得不少有意义的化学元素的定性、定量資料。我們如何用这些資料来说明地質現象，这也需要从探討元素和矿物的共生组合的规律性着手。其次要研究金属元素在氧化带中元素迁移的规律，特别是氧化带中硫化元素迁移的规律。显然这是一个十分重要、十分有意义的問題。

在本节內，我們只討論一下选择分析元素方面的問題。至于如何說明分析資料的地質效果，則留待別的章节中討論。

就化探和分析的关系作了一些簡單說明后，下面我們想分別談几个与上述討論有关的問題。

化学元素在地壳中的平均含量（克拉克值）

对化探工作的意义

各个元素在地壳中的平均含量，我們称之为“克拉克值”。关于这一点，我們已在第一节中作了叙述。