

56.29

01694

02400

物探与化探

WUTAN YU HUATAN

一九七七年 第二辑

中国地质科学院物探研究所编

地质出版社

物 探 与 化 探

WUTAN YU HUATAN

一九七七年 第二辑

中国地质科学院物探研究所编

地 质 出 版 社

物 探 与 化 探

一九七七年 第二辑

中国地质科学院物探研究所编

(限国内发行)

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地 质 出 版 社 出 版

地 质 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1977 年12月北京第一版·1977 年12月北京第一次印刷

统一书号：15038·新242·定价0.46元

目 录

当前区域化探的若干问题	11
-------------------	----

区域化探在地质找矿中的位置	1
---------------------	---

重新整理与充分利用过去1:20万区域化探资料	3
------------------------------	---

区域化探的技术革新：采样、分析、制图标准化	4
-----------------------------	---

数学方法与电子计算技术在区域化探中的作用	
----------------------	--

..... 中国地质科学院物探所区域化探组	10
-----------------------	----

深入分析研究资料，充分发挥重力方法找铁矿的作用	
-------------------------	--

..... 安徽省地质局三二七地质队	16
--------------------	----

某矿区化探找铁矿的研究	
-------------	--

——兼谈化探找几种类型铁矿的可能性	
-------------------	--

..... 福建省地质局物探队一分队 中国地质科学院物探所铁矿化探组	27
---	----

等距四极对称电测深在粤东山区找煤	
------------------	--

..... 广东省地质局七二三地质队物探分队	36
------------------------	----

方 法 技 术

井中连续磁测的应用及效果	长春地质学院物探系金属测井组	44
--------------------	----------------	----

关于近区台阶地形改正问题	中国地质科学院物探所重力组	52
--------------------	---------------	----

学 习 园 地

勾绘电场图像和电探曲线的导电纸模拟方法 (二)	
-------------------------	--

..... 步齐华 项玉林	59
---------------	----

粗谈不极化电极	长春地质学校 胡之本	69
---------------	------------	----

过渡场法	何之棟供稿	70
------------	-------	----

小 改 小 革

- 改进东德小悬丝磁秤的办法江西省地质局第一物探大队仪器检修组 (71)
- 调节极化继电器的装置江西省地质局第一物探大队仪器检修组 (72)
- 重力地形改正计算尺安徽省地质局物探队 (58)

简 讯

- 全国区域化探资料整理经验交流会 (73)
- DZG6-1型工程地震仪试制成功 (83)
- SWP-1自动激发极化接收机 (35)
- 微处理机控制的激发极化接收机 (83)

述 评

- 我国的激电仪器吴汉荣 (75)

名 词 解 释

- 宏量元素 (26) 淋积异常 (51) 气体异常 (68) 重金属总量 (72)
- 地球化学分散模式 (74) 微量元素 (82)

当前区域化探的若干问题

中国地质科学院物探所区域化探组

我国区域化探工作已有廿余年的历史。1975年全国区域化探座谈会后，区域化探更引起各方重视。它的方法与技术现在正处于变革之中。面临这种形势，我们试就当前区域化探中的一些问题进行探讨。

一、区域化探在地质找矿中的位置

在过去，地质找矿主要根据地表明显的矿化迹象。尽管在一些矿床的发现过程中，地质推理也起了重要作用，但是矿化仍是最主要的找矿线索。根据地表明显矿化迹象找矿的方法，目前正日益遇到困难。因为在地表出露规模很大、且够品位的矿床大多已经勘探，而余下的大量矿点与矿化产地，从地表迹象难以判断在其下方是否存在有经济价值的矿床；在覆盖物下或基岩内隐伏的矿床则更难以发现。

在这种情况下，要适应国家经济建设对矿产的日益增多的要求，地质找矿技术向新阶段的过渡已迫在眉睫。新阶段的特点是应用新的成矿理论与构造分析以及近代地球物理与地球化学方法探索新的找矿可能性，指点新的找矿方向，对已有的大量矿点与矿化产地作出新的评价，并找寻在覆盖物与基岩内的隐伏矿化。

在这些现代化找矿技术中，地球化学方法继承了自古以来行之有效的根据地表明显矿象直接找矿的传统，但又大大扩展了直接找矿的视野。从图1可以看出，根据地表明显矿

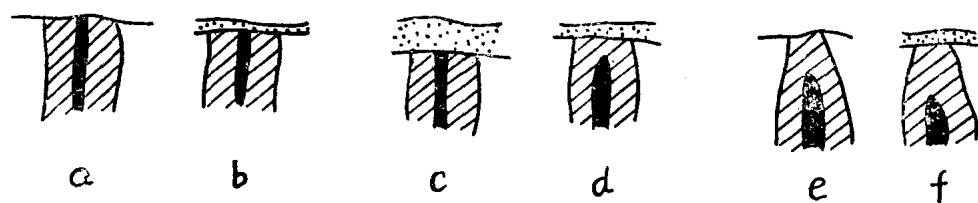


图1

化迹象只能找到1a，也可以还有1b那样的矿体；而地球化学方法可以找到1c、1d、1e、1f那样的矿体。同样根据地表明显矿化迹象难以分辨图2a及2b，而地球化学方法根据异常的面积或规模可以推断2a下方可能有着规模较大的矿化，而2b则否。

地球化学方法不仅把矿体四周这些“局部”异常作为找矿线索，它还研究从地壳太初不均匀性所形成的高含量带，一直到通过多阶段逐步浓集最后成矿的漫长过程中留下的一切印迹（这包括各级的地球化学省与区域性地球化学异常）。因而地球化学方法找寻的不仅是更大更易于发现的靶区，而且是一整套逐渐缩小、套合着的靶区，这使得它可以高效

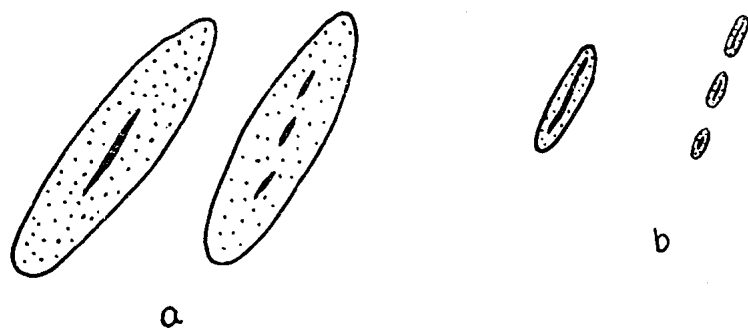


图 2

率，而且有较准确导向地把地质、物化探工作向最有远景的地段集中。

近廿年来国内外经验业已证明，使用新的地球物理与地球化学方法时，必须高效率地扫描大片面积，尽快地舍弃大片没有希望的地区，尽快地缩小找寻的目标，这样往往能够在短期内获得大的找矿效果。

这种高效率大规模扫面，在地质找矿中具有战略意义。由于它可以迅速掌握全局，并占有大量情报，足以对之进行充分比较与鉴别，因而它可以使其后阶段的找矿工作比较有条不紊，大大避免了那些只根据局部线索而进行的找矿工作中出现的迟疑不决和反复。

大规模扫面的战略意义，由于地球物理与地球化学方法的现状而更显得突出。从这些方法的发展现状看来，我们还只处于根据“明显的地球物理或地球化学迹象”找矿的阶段。数量巨大的不明显的地球物理与地球化学迹象，其中很可能也有一部分与有经济价值矿化有关，但当前还难于有效地把它们分辨出来。这是因为在现阶段许多弱化异常的复杂因素并未被完全掌握，还难以对它们的影响作出定量估计。但是那些埋藏较浅、规模很大的矿床，它们四周的规模很大的地球化学异常不易被各种弱化因素所压抑。这类矿床出现的频率是很低的，往往要扫描了数以百、千、万计平方公里面积才能发现一个或几个。因而为了发现那些地表矿化迹象不够明显、而地球物理或地球化学迹象明显的大矿床，就需要高效率大规模地扫面积。

区域化探在地质找矿中的能力与作用，从铜陵的实例可以得到很好的说明。这是重要的铜矿产地。廿余年大力开展地质勘探找到了许多有经济价值的铜矿床，但是也在许多地表有铁帽的地点大量施钻而无所获。区域水系沉积物测量是在 1961 年进行的，但测量结果一直未被整理与利用，直到去年才作了粗略的整理。从整理所得的区域地球化学异常图上可以看到，在那些大量施钻而无所获的矿点上都没有明显的铜异常，而 1961 年以前和以后发现的重要矿床（其中有些矿床的发现也经过曲折和反复的过程）都完全落在非常明显的区域性铜异常范围之内。由此可见，如果区域化探资料得到重视与利用，找到这些矿床的时间可以缩短，在没有远景的矿点上的大量钻探可以避免。从图上还可以看到，尽管经过二十余年的详细地质工作，仍有一些非常有远景的地区被忽略，这些地区过去未发现有明显矿化迹象，但有着非常明显的地球化学异常。

近年来航空物探方法受到了特殊的重视，但要使地质找矿收到最大限度的实效，需要航空物探方法与高效率的地面方法（区域化探）并重。在自然地理条件特别有利于航空物探方法，而非常不利于地面化探方法的加拿大，在发展航空方法的同时，也大力发展区域

化探方法。在我国大片地形切割的山区，航空物探方法面临着许多困难，而这些地区却是最有利于区域水系沉积物测量开展工作的地区。我们要根据我国自己的特点，在促使地质找矿工作现代化过程中走出我国自己的道路，需要对区域化探给以特殊的重视和加强。

二、重新整理与充分利用过去1:20万区域化探的资料

根据过去1:20万路线金测资料的线索，已经找到了一些有经济价值的矿床，例如一些大中型铜、铅锌、钨、钼、锡及金银矿床等。但是还有大量资料一直未受重视，未被认真整理与利用。我们分析其原因，主要是：一、资料本身存在着很多问题，如采样布局方面有很大缺陷，分析报出限太高，整理方法不当，致使一些有意义的矿异常及大部分区域性异常被漏掉。分析中的偏倚未被注意，图幅之内与图幅之间都往往有着严重的偏倚存在，以致在有些图幅内有着不少假异常和假的变化趋势。二、有的地质工作者对地球化学探矿工作了解不够。他们比较相信在重砂中看到的矿石矿物^{*}，而不相信地球化学异常的“ppm”数。加之有意义的“ppm”数与可采矿石品位有很大差距，更增加了这种不信任。在“验证”异常概念上，也流行着一些误解。重砂异常由于已见矿石矿物，因而异常的存在在发现时即已被认为是证实的，而化探异常在验证时往往以能否在异常范围内追索到肉眼可见的矿化迹象为准，否则就被否定。三、资料表达方式有缺陷，最后成果往往只反映在一张负担过重的综合性图件上，不易为后人所利用。当然普查钻打得太少，大量异常只限于用来说明与已知矿点有关，然后即被搁置，也是一个重要原因。

由于这些资料中蕴藏着大量找矿讯息，尚未被很好利用，因而当前重新整理已有的1:20万区域化探（主要是路线金测）资料具有重要的战略意义。但要使这项工作发挥显著作用，速战速决是必要的，这样才能及时为地质找矿提供迫切需要的情报。这些资料是用五十年代的技术取得的，其中确实有着不少缺陷，因而重新整理的作用主要在于尽快的扫描，检出一批最为明显的、规模巨大的地球化学异常。这种异常不易被各种自然界干扰因素所掩蔽，也不易被采样与分析中的各种缺陷所掩蔽。只要对过去资料采取一些补救措施，并改善了资料整理与表达方式后，这些规模很大的异常就会非常明显地显示出来。这样就可以在一个图幅之内，一省之内或全国范围内，迅速指出需要最优先进行工作的远景地区。

因而我们建议尽可能用最简单的方法整理这样的资料，争取在2—3年内完成。关于整理的方法，我们着重提出以下几点意见。

各个图幅的质量不一，过去采样与分析中的许多问题现在都难以察觉和解决。尽管如此，还是要尽可能地进行调查了解，作到心中有数。

在一般山区，过去金测工作测点布置得不均匀是个普遍的问题。可以使用4平方公里的格子，将格子内的数据平均后置于格子中央。这种作法不仅可以使数据分布均匀化，而且初步压抑了分析与采样误差。过去路线金测的线距一般为2公里，采用4平方公里的格子一般可控制1—2条测线。如果采用更小的格子进行网格化时，将会出现较多空格。在金测布线过分不均匀的情况下，也可以采用沿线5—10点平均或等距离（1—2公里）平

* 重砂测量方法现已逐步纳入化探方法的范畴，成为水系测量的一个分支。

均。

平均后可以使用16平方公里的移动窗进行移动平均，并勾绘含量等值线图。

在金测路线布置得过分不均匀的地区，这种移动平均方法也会遇到困难，需要根据具体情况探索解决办法。

关于分析质量，这里包括分析灵敏度、报出限和分析中形形色色的误差。制作各个元素含量分布的直方图有很大意义。从直方图上不仅可以看出数据可利用程度，确定数据处理方法、各种元素在一个图幅或一个地质单元内的分布特点，而且还有可能从中察觉分析误差是否已严重到掩蔽或干扰真实地球化学分布的程度。

在不同水平上出现的不同分析单元之间的偏倚，例如图际、实验室际、不同季节之间、不同月份、不同日、不同相板、不同分析人员之间的分析偏倚，是整理过去化探数据中遇到的最严重困难，也是今后区域化探工作中急待解决的问题。我们对于这类误差的了解和对付它的办法还不多，有待于今后几年大规模整理过去资料的实践中去摸索经验。

在当前，也许最好的办法是在制图中暂时先不理睬这种偏倚，而把它当作在解释推断时要考虑的一种因素，和地质因素或表生环境因素同等考虑。可以制作一些透明图，类似地质图、地貌图、覆盖物图等，把一个图幅上不同实验室分析的范围，或不同季节、不同分析人员分析的范围勾画出来，然后覆在地球化学图上研究。就如研究地质、地貌、地表覆盖物分布与元素地理分布之间关系一样。如果发现元素含量在这些边界上呈现明显的阶梯，那么就可以推断存在着这种分析偏倚。在解释推断时就可以按这些范围划分子区，分别计算平均值与标准离差，并分别求出各子区的异常下限。这种作法与按不同地质单元计算异常下限没有什么两样。

在较低水平上出现的可变偏倚，例如月之间、日之间、相板之间或由于仪器工作条件变化而发生的可变偏倚是难以觉察的。它们可以产生一些假异常或假的变化趋势。但前文已指出，与规模较大、埋藏较浅的矿床有关的规模较大的异常，一般不易被这种偏倚所掩蔽。因而在整理过去1:20万区域化探资料时，首先应挑选出一批最可靠的（也是最远景的）异常进行检查与钻探验证。至于余下的大量异常的可信程度与可利用程度，以及图上所显示的地球化学变化在地质、构造等各方面可利用程度，完全取决于不同图幅内数据的质量，因而这时就有必要对图幅内采样与分析质量再作进一步的调查了解。

在按图幅整理过去1:20万区域化探数据时，制作更小比例尺的全省或更大范围的地球化学图的工作也已提上日程。这种图幅的制作是利用1:20万图幅作简单的拼接，还是用更大的窗口对数据进行移动平均，有待于进一步实验研究。但可以指出，使用更大的窗口进行移动平均，也许有助于发现分布范围更大的一些地质因素，滤出那些最有意义的异常。低水平（也是小范围）上的可变偏倚也有可能受到一定程度的压抑。

三、区域化探的技术革新

采 样

区域化探采样的技术革新包括降低采样密度，改变传统的采样布局，使用现代化运输工具，以及在特殊地区研究新的采样方法和新型样品。

从化探的发展历史中可以清楚地看出, 采样的密度是由密向疏的。在四十年代, 在矿体四周以数十厘米到数米的间距采集岩石或土壤样品, 以研究矿体四周的“晕”, 因而工作只能局限于几平方公里或更小范围。到七十年代以每数平方公里、数十平方公里一个点的密度采样, 全面研究化学元素的地理分布, 在短时间内扫描数以千万计平方公里的面积。这不仅表明人们对各种类型地球化学异常认识的深化, 而且这也是化探方法找矿效果在近十余年内激增的主要原因。

近十余年来国外推行的低密度水系沉积物采样主要有三种密度: (1) 每 20—80 平方英里 1 个点, 靶区为数百至数千平方英里。这种测量可以圈出重要的地球化学省、大的成矿带、以及一些大的地质特征。(2) 每 5—20 平方英里 1 个点, 靶区为数十至数百平方英里。这种测量可以圈出次一级的地球化学省、区域性异常、大型矿床与矿化带的异常。

(3) 每 1—5 平方英里 1 个点, 靶区为十到数十平方英里。这种测量密度足以指出大中型矿床与矿化带, 但小型矿床的遗漏则在所难免。

根据我国的人力、交通运输条件、化探分析现状、多年工作传统等等具体情况, 近年来逐步在形成适用于我国区域化探的几种水系沉积物采样密度:

(1) 每平方公里 1—2 个点, 靶区为数千平方公里以上。这种密度适于在数千、数万平方公里的大面积内进行快速扫描, 或按 1:20 万正规图幅进行的区域化探工作。在许多自然地理条件不同的山区, 包括雨量充沛的南方及较干旱的北方; 一些水系呈树枝状、水流速度中等的山区, 及水系呈羽毛状、水流湍急的陡峻山区, 大量实践都已证明这种采样密度不仅可以发现大中型矿床四周的异常, 而且连小型矿床和矿化产地也大多不致漏过。这种作法也符合我国大中小矿一起找的方针。它可能是比较适合我国一般山区具体情况与要求的一种采样密度。

(2) 每平方公里 4—5 个点。由于我国区域化探分析目前仍在广泛使用半定量光谱分析, 因而这种加密有利于进一步改善分析质量, 并获得比每平方公里 1—2 个点更为详尽的资料。这种密度适用于在较小范围, 例如数百至数千平方公里的普查, 在区域化探圈定的远景区内进行半详查, 按 1:5 万正规图幅进行的区域化探, 以及地质队在工作地区范围内进行的战略性扫描。

(3) 在我国大片边远地区, 区域化探有必要以更稀的密度进行 (例如每 10—20 平方公里 1 个点或更稀), 但这还需要在不同地理条件下通过一系列实验来确定。

当前区域化探采样布局中不均匀的问题很突出。土壤测量是因为受到传统的、很稀的线距和很密的点距这种长方形网格的影响。而水系沉积物测量则受到重砂采样方法的影响, 不在于沟中采样; 另外也受到规范上规定的点线距影响, 往往在选定采样的水系中密集采样, 而在另一些水系中一个样也没有。这种布局给数据处理带来很大麻烦, 同时也容易漏掉有意义的异常。

实际上地球化学采样经常是将一个地区划分为若干适当大小的采样单元, 在每一个采样单元内采集 1 个或多个样品, 以其含量作为这一单元内元素平均含量来看待, 这样就能把这一地区内元素含量的空间变化显现出来。这种采样原则在过去地质与地球化学采样中一直是自觉或不自觉地被运用着。采样单元的划分当然可以根据许多复杂的考虑, 但是最简单易行、且较合理的是一种“格子”采样。在布置水系沉积物采样时, 把 1:5 万地形图上的方里网格当作一种参考网格, 尽可能使大多数方里网格中都有采样点存在, 这就保证

了采样点的均匀分布。

在水系沉积物采样布局中要遵循的原则如下：

1. 采样点分布尽量均匀；
2. 采样点布置在二级水系中及一级水系口上；
3. 尽量减轻劳动强度，将采样点布置于易于通行之处；
4. 要考虑上游汇水盆地的大小，并适当考虑水系的长度；
5. 要考虑不同自然地理条件下异常的持续性。

前三条是最重要的。对这些原则加以兼顾时，必然会发生一些矛盾与冲突。这要巧妙地平衡安排。在江西、浙江等地已经大规模实行了这种采样的布局，实践证明是可行的，而且效果是良好的。

已证明在水系中尽量采取同样性质的沉积物，可以大大降低采样偏倚。这个要求在实际工作中往往达不到。但是即使采集了不同性质的样品，如果都筛取一定粒级的细粒物质（例如 <60 或 <80 筛孔的细粒物质），也可以大大压抑采样偏倚。为了进一步提高每个采样点上样品的代表性，要在采样点附近一定范围内（例如15—30米）采集两个以上的样品合并在一起。

在地形平坦、水系不发育的地区（或者在水流湍急、水系中不存有细粒物质的山区），有时实验证明必须以土壤测量取代水系沉积物测量。传统的“路线金测”的采样网格在区域性工作中是不适宜的，可以使用前述格子采样方法。例如广东区测队在按1:5万图幅进行区域化探时，以每0.25平方公里作为一个采样格子，使布置的采样路线尽可能通过大部分格子。由于土壤样品只能代表局部地点含量，因而在一个采样单元内需要采集更多的样品（例如3—6个样品）。但为了减轻分析及数据处理的负担，在现场或驻地即可将之适当地合并，使每0.25平方公里内只有1个组合样。这种作法使得土壤测量的采样与分析量，从每个1:5万图幅近2万个样品压缩到2—3千个。

在按1:20万图幅进行区域化探时，可以用1平方公里作为1个采样格子，在其中采集3—6个样品进行组合。但是这种作法还未经过大规模生产实践。在地形切割的山区，如果必须使用区域土壤测量时，最好沿山脊及山脚以及易于通行的道路进行。采样线距根据地形来决定，最好在1000米左右，并沿线在每500或1000米范围内采数个样品进行组合。

当前，为区域化探大致规定统一的采样方法的同时，还应加强采样方法的实验研究，包括研究在不同地质地理条件下，以及为了不同目的进行的区域化探的采样密度，特别是在边远省区区域化探的采样密度，研究新的采样布局，以及在一些特殊自然地理条件下的特殊工作方法和新型样品。

过去二十余年，在我国一些自然地理条件特殊的地区，例如沙漠、森林沼泽、大片黄土覆盖以及大片冲积物覆盖地区，区域化探的采样也是按常规方法进行的，这样往往得不到好的效果。在这些地区应该用很大的力量来进行实验研究工作，针对不同地区的特点，使用一些特殊的化探方法或综合使用几种方法。

在区域化探工作中，岩石测量是一种不可缺少的辅助手段。在进行大规模水系沉积物或土壤测量的同时，适当配合采集岩石样品，有助于对元素区域性变化进行解释推断。利用岩石测量结果可以计算这一图幅不同元素含量的平均值，以及不同地层岩性中的平均值，并与根据水系沉积物或土壤测量结果所作计算进行比较。这对于基础地球化学研究，

以及对地球化学图的解释推断都有重大意义。使用岩石测量资料还可以进行火成岩岩体评价,研究地层的含矿性,推测矿源层的存在等等。

过去在区测工作中岩石采样量过大,造成很大浪费,取得的效果与工作量是不相称的。应该把岩石采样归纳为几个系统:研究火成岩的含矿性,在每个作为评价对象的岩体中随机地或系统地采集20—30个样品。研究地层中元素含量及含矿性,沿若干条垂直于地层走向的测线上采集样品。研究构造的含矿性,在垂直于构造的方向布置几条短剖面;研究构造与矿化活动的时空关系,还可以对不同时间不同级别的构造产物(如破碎带胶结物、断层泥),期后充填物进行采样。计算不同地质单元中的丰度数值,可划分出一些大的地质单元,在其范围内采集三十个以上最多一二百个样品。

在七十年代,我们已经对各种不同尺度的地球化学靶区(如地球化学省、区域性异常、局部异常等)有了不少认识,而且已经明确了一套比较科学的逐步缩小靶区的区域化探工作程序,因而那种从见矿找矿思想出发,见到一点矿化或蚀变就打一块标本的“即兴”采样方法显然是不够合理的,不仅浪费分析工作量,而且事实上也证明是收效不大的。

分 析

区域化探分析技术的革新,看来比采样问题更复杂。从区域化探发展历史来看,在五十年代第一代的分析技术是半定量光谱分析。那时区域化探只是作为矿产调查的一种辅助手段。在六十年代末到七十年代发展起来的第二代技术是综合使用多道直读式光量计、原子吸收分光光度计、大型X射线荧光装置以及快速的比色方法与离子选择电极方法。当前已初露头角、并可能成为新一代区域化探分析中坚力量之一的,是等离子体光源发射光谱方法。质谱方法及中子活化方法也引起了重视。

二十余年来,我国一直使用半定量光谱方法进行区域化探工作,累积了巨量资料。但是半定量光谱分析在当前已经完全不能满足区域化探日益提高的要求。我们需要加快分析技术革新的步伐,赶上七十年代的水平,这样才能使我们投在区域化探上的巨大工作量充分发挥其应有的作用。

这种技术革新并不是一蹴而成。根据我国具体情况,我们仍要两条腿走路。一方面充分发挥现有的潜力,务必在短期内,利用现有条件,在全国范围内作出较大的变革。与此同时,在一个稍长时期内,由点及面地适当引入七十年代新的分析系统。

灵敏度 现有半定量光谱分析,在灵敏度上对于不少元素难以满足区域化探对它们的要求。但是如果我们充分挖掘潜力,加强区域化探分析工作,采取以发射光谱分析为主,并配合使用原子吸收方法、比色方法等多样化的分析手段,这个问题就可以得到很大改善。

这些分析方法如何配合使用,取决于两个因素:不同地区各元素含量的背景变动,以及实验室本身条件。例如在许多省份,如欲对锑的地球化学分布充分了解,就必须使用特殊灵敏的方法;而在湖南某地就不需要。另外实验室本身条件也是一个因素。如果实验室的力量与设备不足,只能大部分元素分析依靠光谱方法,而用其它高灵敏度方法分析少数的、对某一地区特殊重要的元素。

分析精度 现有的半定量光谱方法,分析精度可达30—50%。如果采用快速定量方法,可达10—30%,原子吸收方法的精度可达5—10%。分析精度在当前区域化探中还不是主

要问题,而且可以采用一些数据处理方法,如平均与移动平均方法压抑这种类型的误差。

分辨能力 对于某些元素,特别是分散度较小的元素,欲进一步查明它们的分布特点,就必须使用原子吸收方法或其它方法提高分辨率。对一些在区域化探中特别重要的元素如铜,为了更好地研究其分布细节,也有必要使用原子吸收方法。

可变偏倚 当前区域化探分析中最严重的问题是,数据中出现的可变偏倚(可变的系统误差)。不同实验室之间的偏倚,可能是由于所用分析方法与条件不同而造成。同一实验室在不同时间内出现的偏倚,可能是在工作过程中分析条件发生了变化,或者对分析有影响的物质组份在不同采样地点上有变化所造成。

这种偏倚一旦存在将难以察觉,并且不能用抽样方法检查。它将造成假异常和假的变化趋势,给解释推断带来困难。不同图幅和不同实验室之间的可变偏倚,还将使拼图发生困难,并使各地的数据无法进行对比研究。

可以用一种套合的模型来看待这种偏倚。规定一系列套合着的“分析单元”,在同一水平上某一个单元之内的偏倚,可以用插入这一单元的参考样分析结果的平均值与参考样真值或最佳估计值之间的差值来衡量。而在同一水平上各个单元的偏倚是不同的,其互相之间是可变的。我们可以用这种办法去考察相板之间、日之间、月之间、季节之间、实验室之间等等出现的偏倚。也可以去考察分析人员之间、不同批次显影液之间、不同仪器之间、不同分析步骤之间出现的偏倚等等。

为了克服区域化探分析数据中严重的可变偏倚,需要采取两项措施:

1. 制定一个有效的误差监控系统。

2. 在较短时期逐步以快速定量光谱方法(加入内标、缓冲物及使用光电自动读谱)取代半定量光谱方法。

制定一个有效的误差监控系统,不仅可以使今后一段时期内,生产中的大量带有偏倚的区域化探数据(这是不可避免的)得以校准与更好的利用,而且它也是今后现代化大规模化探分析工作中不可缺少的组成部分。无论化探分析的方法与仪器如何革新,有效的质量监控系统都是必要的。

我们建议组织一次实验室间的协作,进行一项联合监控可变偏倚的实验。制备若干个参考样,分发给参加这项协作的、使用不同工作方法的实验室,将这些参考样插入于生产工作之中,在一年之内反复进行分析。详细记录下各种工作条件及环境的变化,所得的大量结果用电子计算机进行分析研究。这样就可以看出可变偏倚的严重程度、影响因素。这样一次联合实验有助于我们累积经验,统一认识,以便迅速制定一个有效的误差监控系统,并推广使用。

以快速定量光谱分析在较短时期内逐步取代当前的半定量方法,需要加速研制与生产光电自动读谱装置,并且大幅度降低已经习以为常、而实际上是非常浪费的采样量与光谱分析量。使用前文所述的低密度采样,可以使区域化探的分析数量大大缩减。化探详查与半详查的采样量同样亦应大大缩减,或将样品进行适当组合,以减少分析工作量。

以上所述是在充分发掘潜力,利用现有条件,在比较短的时期内可以作得到的事。这就是建立一个现阶段的区域化探的分析系统,包括以快速定量光谱方法为主多样化的分析方法,标准化的工作方法和工作条件,以及一套误差监控的方案。

但是为了使区域化探分析早日达到七十年代的先进水平,并适应当前与今后化探分析

激烈变革的形势和提高地质效果,还需作更多的工作,包括建立现代化的区域化探实验室,采用等离子体光源大型多道直读式光谱计及自动校准基物影响的装置,配备数量较多的原子吸收分光光度计及其它仪器,并尽快实现分析的全盘自动化等。这样将会大大促进区域化探分析的现代化进程。

制图标准化

地球化学图的重要意义,直到近几年才逐步为人们所认识。1973年英国帝国学院地球化学探矿研究中心出版了北爱尔兰地球化学图册。1977年3月又出版了英格兰威尔士地球化学图册。英国地质研究所正按1:25万正规图幅编制地球化学图。估计这一趋势也会影响到其它国家。今后十年将会看到各国各种按正规图幅或按地区编制的地球化学图。

我国在区域化探方面,已进行和正在进行大量工作。因此我们完全有条件依据我们的需要编制各种图件,如:利用已有的1:20万资料编制各图幅、各省、各大区以及全国的图件。但由于过去在采样和分析中存在很多问题,恐怕还不能把这类图件作为正式出版的地球化学图件。今后开辟新图幅或在已进行过工作的图幅中重新扫面积,使用了革新的采样与分析技术后,就可以编制和出版正式的地球化学图册,并不断提高其水平。

地球化学图册将被认为是地质科学的基础图件之一,其重要意义绝不低于地质图。它所蕴藏的讯息将为各方面的工作者所利用。包括找矿、基础地质(构造、地层、成矿规律)研究、地球化学研究、农业、畜牧业、地方病、环境污染等。

可以有各种不同的编图方法。特别当统计学方法与电子计算技术大规模用于化探后,制图方法更是五花八门。

因而在这里有必要把地球化学图分成两种类型:基本地球化学图与解释推断图。

基本地球化学图类似地质图,可以供各方面的工作者为了不同的目的来利用。因而它应能客观地以很明显的方式,反映不同元素含量的空间变化,而不夹杂制图者主观因素或主观意图。这种图件的编制方法应该同地质图一样,需要统一和标准化,使得全国的图件可以对比研究与拼接。

这种基本图件可以有下列作法:

1. 原始数据全部标在图上,或用一系列代表较窄含量间隔的符号(适宜于重砂数据)标在图上。这种图最客观,保留数据中几乎全部的讯息,但阅读分析困难,往往需要进一步加工,才能显示出数据中所蕴藏的讯息。

2. 进行简单的处理(简单过滤)以压抑噪音。这种图会损失一些讯息,但它便于阅读,不需进一步加工,就可以从图上获得大量讯息。

我们建议采用第二种作法,这与我们整理过去1:20万区域化探资料时准备采用的作法并无很大的不同,只是由于今后的采样布局比较均匀,因而可以用较小的窗口进行移动平均。

具体作法:

制作1:5万原始数据图,在图上标出水系,采样点旁标明元素含量,每张图上只标1—2个元素的分析数据。晒印若干蓝图供作计算草图用。

数据网格化,这个步骤是为进行电算时用的,如果进行手算,这个步骤也可省略。将原始数据按每平方公里的网格进行平均,置于方里网格中央,并对空格进行适当的内插填

补。

移动平均，在图上开一个 9 平方公里窗口，每次移动 $1/3$ 。

勾绘等量线：移动平均结果缩制成 1:20 万草图，勾绘等量线。等量线间隔一般为 $0.1 \log \text{ppm}$ ，但在低背景部分适当抽稀，而在各个元素区域性异常下限值波动范围内，要适当加密。

在每一张单元素地球化学图上，还应附有这一图幅内该元素含量分布的直方图，和一些大的地质单元内含量分布的直方图。标出图幅内各种重要地质单元所占面积，根据岩石分析估量出的该元素平均含量，根据水系沉积物测量估量出的平均含量，以及这两者之间的比值；标出图幅内元素的区域丰度值（利用加权平均方法计算）等。累积这些基本地球化学数据的意义是不言自明的。

解释推断图件则是另一种情况。它是制图者根据某种意图对数据进行处理而得出来的，它不是纯客观的。数据中所蕴藏的讯息被加工改造与取舍，因而可以突出显现和解决某种专门问题。我们认为各种异常图、分离出区域与局部分量的各种分片平均或移动平均图、趋势面及其剩余图、因子得分图、簇丛分析图、判别分析图、迴归分析图、以及用其它数学方法制作的图件，都属于解释推断图。这种图件显然无法全国统一编制，而要让工作者根据自己的经验与欲解决的问题选用不同的编制方法。

但是也可以建议统一制作两种直观的解释推断图件。

一种是综合异常图。这是把各个元素的异常绘制在一张图上。过去制作这种图件时，经常是图面负担过重，不能明显看出各个异常的组分特征和分带特征。今后如果将阴影、花纹、线条和颜色四个系统综合使用，就可以大大减轻图面负担。这样从综合异常图上，就可以清晰地看出各种不同类型的异常组合。

另一种图件是异常剖析图。这是把不同元素的异常及其内部浓度变化排列在一张图上，并附有异常地区的地质图。根据过去经验，许多不同种类和不同类型矿床的元素组合非常类似，缺乏“诊断性”元素。因而要想根据元素组合判断矿化类型和规模，推测剥蚀深度，必须仔细研究不同元素的分带特点、内部结构及其相互关系。异常剖析图可以把这些明显地表示出来。把这两种图件作为标准化图件，有助于大量系统累积不同种类不同类型矿床四周异常的特征。这不仅可以提高异常评价水平，而且可以为成矿规律的研究提供重要资料。

与地质图的制作不同，地球化学制图还处于初期阶段，今后还会有不断的改进。但现在我们也极需一个标准化的方案。标准化的地球化学图件中包括若干张单元素的含量等量线图（地球化学地势图）、一张彩色综合异常图、若干张重要异常剖析图。今后在每一 1:20 万图幅的区域化探工作完成后，可以制作这些图件，连同地质图、水系图、地貌图、土壤图等汇集成为地球化学图册。

四、数学方法与电子计算技术在区域化探中的作用

区域化探涉及成千上万数据的处理，因而电子计算机的使用将日益受到广泛重视。

迄今还缺乏确定的数学模型来描述元素在各种介质中的迁移与富集，因而大量地球化学数据过去很自然地一直是靠直观方法研究，而在今后进一步处理主要依靠统计学方法。

许多统计学方法有繁杂的大量计算工作，非手算所能承担。因而这些方法的应用只有在电子计算技术引进后才成为可能。在今日已很难将统计学方法与其电算技术加以区分。

自从1973年以来，电算技术在区域化探数据处理中应用日益增多，但需注意避免两种倾向。

一种是“电算万能”，企图用电算解决资料处理中的所有问题。殊不知电算方法能否取得好的效果，在很大程度上取决于采样与分析质量的好坏、实验设计是否正确以及数学模型本身是否完善。如果采样布局过分不均匀，趋势分析与移动平均分析的图形都会发生畸变，重要的变化会被遗漏。其它数学方法也会因为数据代表性不够，而得到歪曲或错误的结论。总之如果采样与分析质量有着严重问题，使直观研究方法遇到困难，电算与数学方法也同样无能为力，而且所得错误结果在平滑曲线或方程式的掩蔽下更加不易被察觉。

数学模型与变量选择也是关键。要根据所欲解决的问题的性质选用合适的数学方法和必要的参数。电算方法确实有可能发现蕴藏于数据之中、直观方法所觉察不到的讯息；但是如果在所选用的数据中没有蕴藏这种讯息，电算方法也无能为力。例如欲发现某种地质过程是否起了作用，但是能够显示这一地质过程的重要参数未取得，或未参加运算，那么原来的目的也无法达到。

一定数学模型的建立，都从某些假设出发。假设与实际之间是有差异的，需要在大量实践基础上修改、完善之，甚至用另外的模型来代替。

因此，电算这种强有力的工具，只有在工作者运用得当时才能显示其效用。

另一种是“电算无用”。这种倾向的产生，往往是由于看到多数电算结果与直观结果大致相同，及当前条件下数据准备、联系排队费时不少所造成。实际上电算结果与直观结果在许多方面一致应是一种正常现象。电算的作用是在这些之外发现一些新的讯息。这些新的讯息从发现到真正被认识和被验证往往需要一个过程。例如在地表明显的地球化学迹象用直观方法与数学方法都可以使它们清晰显现，但是在大量不够明显的地球化学迹象中欲辨认出与有经济价值矿床相联系的异常，直观方法就比较困难，经常需要寻求数学方法的助力。

电算的另一个主要作用是节省劳力，大大提高工作效率。这个作用不容忽视。但是欲充分发挥这个作用，必须早日制定一整套区域化探数据储存与检索，和可供用户灵活选用的各种数学方法程序部件及自动化成图程序系统。

趋势分析 趋势分析可以将区域化探数据分解成两个分量，区域性分量与局部分量。区域与局部的概念是相对的，完全取决于所研究范围的大小。

趋势分析事先假定自然界元素的空间变化可以很好地用一种数学模型（通常是多项式模型）来拟合，而且它将数据分解并加以简化，以便使某些区域性的或局部的讯息突出显现。因而它是一种解释推断图件，而不能作为基础图件是很明显的。

由于趋势分析是用最小二乘方的准则，对图幅以内的全部数据找出最佳拟合面，因而不可能将不同图幅的趋势面进行拼接，尽管在许多情况下，大致的趋势的连贯性是存在的。

趋势分析的作用：（1）有时它可以比直观方法更清晰地看出大范围变化的特征，甚至隐藏的未被发觉的区域性变化特征。这方面国内外已有不少实例。（2）在采样点较稀或比较不均匀时，趋势分析所勾出的变化可以大致模拟图幅上大的变化，尽管可能有不同程度

的畸变,而直观方法或移动平均方法就要遇到更多困难。(3)趋势分析可以分出局部分量。从理论上它有可能发现一些在数据中隐藏很深的有价值的弱异常。但在国内外文献上,我们还未找到这样明显的实例。

趋势分析在化探中应用时,还有许多问题未得到很好的解答。

1. 趋势分析应进行到几次面为止?各次趋势面具有什么不同的地质意义?这些问题很难解答。一般是将各次趋势面与地质图仔细对比研究来决定。但数学方法的目的是发现新的讯息,而不总是去证实已经知道的东西。在这方面可以利用我们过去提出的办法,利用方差分析结果的F检验,察看几次项的加入对拟合有显著改善,或者察看拟合优度在哪次面上有突然变化。这样可以推测在这次面上可能透露了某些新讯息,然后再来仔细研究这种新讯息的意义。

2. 拟合度的问题。用区域化探资料进行趋势分析的结果,拟合度往往甚低。过去石油地质工作的经验认为对于1次及2次面拟合度一般应 $>30\%$;40—60%拟合度的趋势及剩余图往往很有实用意义;3次及4次面的拟合度有时可高达80%。区域化探的数据比石油地质“噪杂”得多,拟合度过低将使区域分量与剩余分量的意义含混不清。使用平均的或移动平均的数据,而不是用原始数据,将会大大抑制采样与分析误差,改善趋势面的拟合度。而欲发现一些大范围的、潜伏的区域性变化,还有必要加大进行平均的单位格子,使得数据点所代表的面积内的变差不致掩蔽这种区域性变化。

3. 趋势分析剩余值的进一步分解,将剩余项分离为噪音和有意义的局部分量,在实践上是个尚未解决的问题。人们曾提出和试用过一些办法,如用正剩余的平均值,用剩余标准差或分析标准差的1.65倍作为剩余项分离的标准。实践证明,都还存在不少问题。用剩余标准差的分数、倍数勾绘剩余等值线,与已知异常进行大量对比研究,可能有助于这个限值的提出。

4. 图边效应。在图边如果只有少数控制点,则趋势面在图边的发展几乎受不到什么制约。在控制得较好的区域内已形成的坡度会一直向图边外推,这种外推数值往往可达惊人数字。这就是所谓图边效应。即使控制点在整个图上分布很均匀,也会有小的图边效应。因此最好所用的控制点分布范围要比制图面积更大一些,要有一个“缓冲区”。这个缓冲区的大小取决于图幅边缘采样点密度与均匀性。

5. 采样布局不均匀对趋势面可能造成严重畸变,特别是当数据中噪音较大或有比较强的局部变化存在时。

为了更好地了解上述问题,需要进行一系列的模拟实验,并在实际工作中注意积累经验。

移动平均分析 在制作基本地球化学图时,我们建议使用最简单的移动平均方法作为压抑数据中噪音的一种手段。现在急需编写制作基本地球化学图的适于不同机器的标准程序,内容包括自动成图及绘制各种直方图,计算各种平均值及其它基本数据。

其它各种复杂的移动平均方法,包括当前我国一些生产队正在使用的,用两个大小不同的移动窗来分离区域分量及剩余分量的移动平均方法,以及各种加权的移动平均方法所制作的图件,我们一概将之归于解释推断图件范围内。

当前有一种移动平均方法正在区域化探工作中开始应用。这种方法同上述方法不同之点,是每次都求出移动窗范围内的低次趋势面(二或三次面)在移动窗中心的趋势值,这